

Les eskers : essai de synthèse bibliographique
Eskers: An Essay of Bibliographic Review
Die Eskers: Versuch einer bibliographischen Synthese

Denis Levasseur

Volume 49, numéro 3, 1995

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/033066ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/033066ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (imprimé)

1492-143X (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Levasseur, D. (1995). Les eskers : essai de synthèse bibliographique. *Géographie physique et Quaternaire*, 49(3), 459–479. <https://doi.org/10.7202/033066ar>

Résumé de l'article

L'essai propose une revue de la littérature sur les eskers. On y expose les informations de base (définition, terminologie, dimensions, distribution et caractères sédimentologiques généraux, incluant granulomère, fabriques, paléocourants, déformations et composition pétrographique) avant de présenter un historique des théories sur l'origine de ces constructions (hypotheses sous-glaciaire, supra- et intraglacière, de marge glaciaire et autres). De plus, on examine les différents modèles de sédimentation des eskers (chenal subaérien, canalisation forcée, deltaïque) et quelques généralités sur leur formation (écoulement des eaux de fonte, stabilité des conduits sous-glaciaires, source des matériaux, diachronisme des constructions et longueur des tunnels). On discute enfin du développement des eskers associés aux glaciers d'aujourd'hui.

LES ESKERS : ESSAI DE SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Denis LEVASSEUR*, Département des sciences de la Terre, Université du Québec à Montréal, C. P. 8888, succursale Centre-ville, Montréal, Québec H3C 3P8.

RÉSUMÉ L'essai propose une revue de la littérature sur les eskers. On y expose les informations de base (définition, terminologie, dimensions, distribution et caractères sédimentologiques généraux, incluant granulométrie, fabriques, paléocourants, déformations et composition pétrographique) avant de présenter un historique des théories sur l'origine de ces constructions (hypothèses sous-glaciaire, supra- et intraglaciale, de marge glaciaire et autres). De plus, on examine les différents modèles de sédimentation des eskers (chenal subaérien, canalisation forcée, deltaïque) et quelques généralités sur leur formation (écoulement des eaux de fonte, stabilité des conduits sous-glaciaires, source des matériaux, diachronisme des constructions et longueur des tunnels). On discute enfin du développement des eskers associés aux glaciers d'aujourd'hui.

ABSTRACT *Eskers : an essay of bibliographic review.* This essay deals with the literature on eskers. Basic informations (definition, terminology, dimensions, distribution and general sedimentologic features, including granulometry, fabrics, paleocurrents, deformations and lithologic composition) are presented, then theories on the origin of these forms (subglacial hypothesis, superglacial and englacial hypothesis, marginal hypothesis and others) are exposed. Moreover, the different depositional models of eskers (open channel, full-pipe flow, deltaic) and some other concepts on their formation (meltwater flow, subglacial tunnel stability in ice, sediment sources, diachronism of constructions and length of tunnels) are examined. Finally, the development of eskers in current glacial environments are considered.

ZUSAMMENFASSUNG *Die Eskers : Versuch einer bibliographischen Synthese.* Der Essay gibt eine Übersicht über die Literatur zu den Eskers. Basisinformationen werden gegeben (Definition, Terminologie, Dimensionen, Verteilung und allgemeine sedimentologische Eigenschaften einschließlich Kornverteilung, Texturen, Paläoströmungen, Verformungen und Gesteinszusammensetzung), bevor die Geschichte der Theorien zum Ursprung dieser Formen vorgestellt wird (subglaziale, supra- und intraglaziale Hypothese, Eisrandhypothese und andere). Außerdem werden die verschiedenen Modelle der Sedimentierung der Eskers (subaërialer Kanal, erzwungene Kanalisierung, deltaförmig) und einige allgemeine Ausführungen über ihre Bildung untersucht (Schmelzwasserfluß, Stabilität der Tunnel, Herkunft des Materials, Diachronismus der Konstruktionen und Länge der Tunnel). Zuletzt wird die Entwicklung der Eskers in heutiger Gletscherumwelt diskutiert.

* Adresse actuelle : Levasseur@ere.UMontreal.Ca

Manuscrit reçu le 2 août 1994 ; manuscrit révisé accepté le 6 février 1995

"This Ridge runs North and South, from Tymohoe to Mary-burrow, about seven Miles, from thence towards Montmelick, four Miles further [...] It is compos'd altogether of small rough Pebble grayish Stones about the bigness of a Mans Fist, and other smaller ones mix'd with Sand or Gravel..."

Richard Prior (Nov. the 14th, 1699)

Il s'est écrit un grand nombre d'études en sciences de la Terre sur les formes de terrain d'origine glaciaire ; et les eskers ne font pas exception. Saunderson (1974), Stoelting (1978), Ringrose (1979), Robison (1983), Bolduc (1992) et Brennand (1993) en ont fait le sujet central de leur thèse de doctorat. De plus, plusieurs mémoires de maîtrise et des activités de baccalauréat traitent des eskers au Canada (par ex. Kueffner, 1940 ; O'Donnell, 1966 ; Alley, 1972 ; Edwards, 1972, 1978 ; Storey, 1972 ; Allard, 1973 ; Geddes, 1974 ; Leyland, 1979 ; Poirier, 1980 ; Buck, 1982 ; Christian, 1988 ; Heath, 1988 ; Levasseur, 1993) et aux États-Unis (par ex. Giles, 1910 ; Trefethen, 1934 ; Gifford, 1941 ; Erickson, 1948 ; McCallum, 1949 ; Schmitt, 1949 ; Gunn, 1961 ; Lukert, 1962 ; Stoelting, 1970 ; Van Beever, 1971 ; Ballaron, 1979 ; Riedel, 1987 ; Brown, 1988).

Les eskers sont étudiés pour différentes raisons. Les géologues s'y intéressent principalement pour la morphologie, la sédimentologie et la composition pétrographique ou minéralogique de leurs dépôts (l'essentiel des études citées dans cet essai). Par ailleurs, les ingénieurs considèrent les eskers comme des sources importantes de granulats, et on les étudie pour des considérations hydrogéologiques (par ex. Winqvist, 1953 ; De Geer, 1968 ; Ericksson, 1970 ; Gustafson, 1978, 1982 ; Aneblom et Persson, 1979 ; Mäkki, 1979 ; Voss *et al.*, 1980 ; Dressie, 1984 ; Stone, 1984, 1986 ; Caswell, 1988 ; Sklash et Ibrahim, 1991). Notons que certains eskers font l'objet d'examen particuliers en rapport avec des émanations de radon pouvant être nuisibles à la santé (voir notamment Schmied, 1985 ; Holkko et Liukkonen, 1993 ; Hutri et Makelainen, 1993 ; Arvela *et al.*, 1994).

On propose ici un essai de synthèse de la littérature concernant les eskers. À noter que celle-ci ne peut pas être entièrement recensée car les eskers sont traités dans de nombreux travaux régionaux en géologie du Quaternaire. On s'est donc limité spécialement aux études dans lesquelles les eskers constituent des principaux objets d'intérêt. Plus particulièrement, on présente les théories sur l'origine de ces constructions, lesquelles furent principalement présentées et défendues dès la deuxième moitié du XIX^e siècle et au début du XX^e siècle. De plus, on expose brièvement les différents modèles de sédimentation et quelques concepts sur l'élaboration des formes. Enfin, on considère les modalités de mise en place des eskers dans les milieux glaciaires actuels.

La revue bibliographique couvre la littérature de langue française (relativement peu nombreuse) ou anglaise, principalement les articles de périodiques, les comptes rendus de conférences, les mémoires et les thèses. On prendra note qu'un grand nombre d'études ont été publiées en finlandais ou en suédois. Celles-ci ne sont pas recensées

ici, sauf lorsque leurs auteurs constituent des pionniers reconnus d'une théorie de mise en place des eskers. À noter que trois bases de données bibliographiques de couverture internationale ont été consultées pour s'assurer d'une certaine exhaustivité de la bibliographie : *GeoRef* (American Geological Institute, Alexandria, États-Unis), *GeoBase* (Elsevier Science Publishers, Norwick, Grande-Bretagne) et *GeoArchive* (Geosystems, Oxon, Grande-Bretagne).

GÉNÉRALITÉS

DÉFINITION

Un esker constitue une forme du paysage glaciaire mise en place par les eaux de fonte au contact de la glace. Il est formé de sédiments fluvioglaciaires déposés par un courant d'eau confiné des deux côtés par celle-ci (Banerjee et McDonald, 1975). Un esker se présente généralement sous la forme d'une crête allongée constituée essentiellement de sables et de graviers stratifiés (fig. 1). La crête peut être sinueuse ou rectiligne. Les eskers sont en général orientés dans le sens de l'écoulement de la glace, plus ou moins perpendiculairement au front glaciaire. Leur disposition serait parallèle à la pente de la surface du glacier sous lequel ils ont été construits (Shreve, 1984, 1985a, 1985b ; Syverson *et al.*, 1994). Occasionnellement, les eskers sont constitués de plusieurs collines distinctes et alignées. L'expression « esker perlé » (*beaded esker*) désigne alors ce type de forme. Parfois, ils sont réticulés ou anastomosés (*braided esker*) en plusieurs embranchements qui se séparent et se recoupent (voir un bel exemple dans Auton, 1992). Plusieurs variétés morphologiques peuvent exister le long d'une même construction (fig. 2). D'ailleurs, les eskers sont souvent associés avec d'autres formes d'origine fluvioglaciaire : kames, terrasses, épandages proglaciaires, deltas, kettles, chenaux d'érosion.

TERMINOLOGIE

Dans le passé, les expressions *kame* et *esker* (on utilisait aussi le mot *eskar*) ont été employées de manière équivoque pour désigner les cordons de sables et de graviers construits par les eaux de fonte d'un glacier. Le terme écossais *kame* a souvent été utilisé pour identifier toute forme d'accumulation de dépôts fluvioglaciaires (crête allongée ou monticule) sans tenir compte de son mode de mise en place (Price, 1973). Dans certains cas, on employait le terme irlandais *esker* pour désigner toutes ces formes (par ex. Stone, 1899 ; Gregory, 1920, 1922). Certains appelaient alors les crêtes des *osars* pour les différencier de l'ensemble des eskers (par ex. Stone, 1893, 1899 ; Charlesworth, 1957). Les mots *kame* (du celtique *kaim* ou *cam*, courbé ou sinueux, ou du teuton *kam*, crête) et *esker* (de l'irlandais *eiscir* ou du gallois *escair*, courbé ou sinueux) ont été considérés comme des synonymes par plusieurs auteurs pour désigner les cordons (par ex. Upham, 1876 ; Stone, 1880 ; Kinahan, 1885). En fait, comme l'avait noté Francis (1975, p. 59) : « *the Scottish kames included « true eskers » defined as accumulations in the channels of subglacial streams, and the Irish eskers included « true kames » defined as waterlaid marginal moraine* ».

Aujourd'hui, l'expression *kame* identifie un monticule de dépôts fluvioglaciaires, « *whose form has resulted from original deposition modified by any slumping incident to later melting of glacial ice against or upon which the deposit accumulated* » (Holmes, 1947, p. 248). L'expression *esker* fait le plus souvent référence à une crête de dépôts fluvioglaciaires allongée perpendiculairement au front glaciaire. Elle désigne communément une construction mise en place dans un chenal d'eau de fonte. Close (1867) fut l'un des premiers à l'introduire dans le langage scientifique, et c'est dans le New Hampshire qu'Upham (1876) l'utilisa pour la première fois en Amérique. Il est employé par les anglo-saxons plus fréquemment que les mots d'origine suédoise *ås* (pl. *åsar*) ou *ös*, anglicisés en *ose* (pl. *osar*). Ces derniers termes sont largement utilisés en Scandinavie. À noter que la lettre *å*, impossible à transcrire à l'époque, avait été remplacée par *æ* pour donner *æsar* (Chabot, 1949).

DIMENSIONS

La hauteur et la largeur d'un esker varient surtout en fonction de sa longueur : une crête allongée sera en général plus haute et plus large qu'une crête plus courte. Ainsi, la hauteur des eskers peut varier de 2 ou 3 m à plus de 50 m. En Finlande, l'esker de Tammerfors-Kangasala atteint jusqu'à 80 m (Sederholm, 1911). Localement, un esker peut être partiellement enfoui sous des dépôts glaciolacustres ou glaciomarins ou encore être localisé dans une profonde discontinuité du roc (par ex. Michalska, 1971 ; Christian, 1986, 1988). Dans ces situations, même si la

crête de l'esker ne possède qu'une hauteur de quelques mètres, l'épaisseur des graviers peut être importante et atteindre plusieurs dizaines de mètres, voire plus de 200 m (Hobson et Lee, 1967). En Suède, par exemple, les sédiments de l'esker d'Uppsala ont une épaisseur qui atteint jusqu'à 147 m (Trowbridge, 1946), mais seulement 40 à 50 m des dépôts forment la crête de l'esker (Chabot, 1949 ; Hoppe, 1961) : l'essentiel de la construction est enfoui sous des argiles glaciomarines.

En longueur, les eskers peuvent parfois être limités à quelques mètres ou se prolonger sur plusieurs centaines de kilomètres. Dans ce dernier cas, la plupart des longs eskers sont alors discontinus, morcelés en de nombreuses crêtes qui peuvent atteindre plusieurs dizaines de kilomètres chacune. Dans les Territoires du Nord-Ouest, l'esker Thelon (Wilson, 1939 ; Craig, 1964) est un cas exceptionnel : il se prolonge sur plus de 800 km en incluant les interruptions entre les segments alignés. La largeur des eskers peut s'étendre de quelques mètres à quelques kilomètres (elle est fréquemment moins de 150 m). La pente des versants peut varier entre 10° et 35° ; elle est souvent atténuée par l'action de processus littoraux successifs ou les effets de la gravité.

DISTRIBUTION

Les eskers sont localisés exclusivement dans les territoires anciennement englacés. En Amérique du Nord (voir Prest *et al.*, 1968 pour le Canada), on les trouve

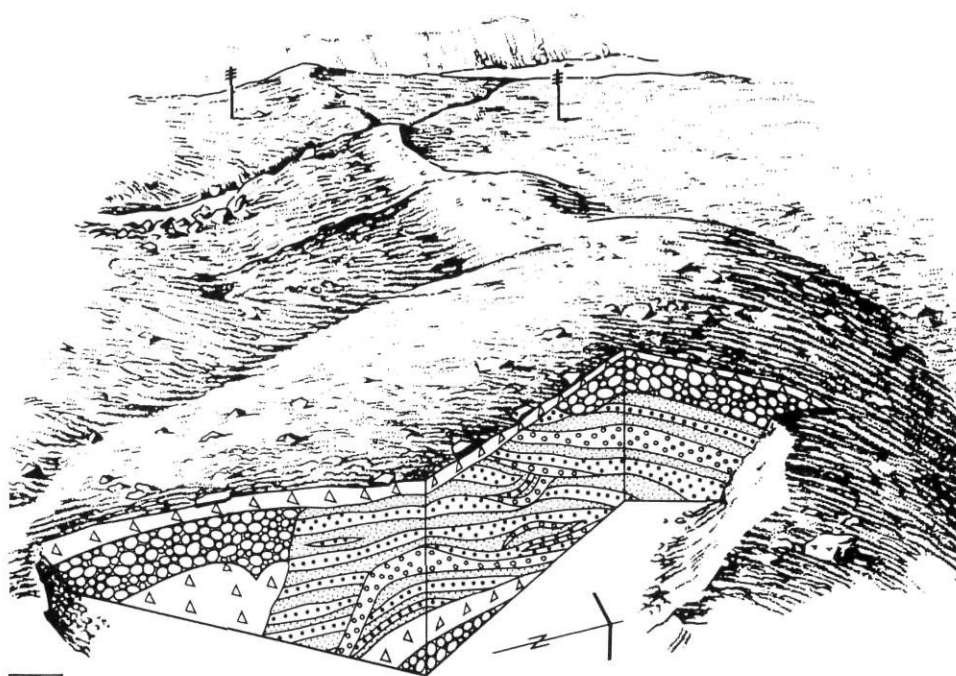







FIGURE 1. Esker en forme de crête allongée, légèrement sinuose, constituée de sédiments stratifiés (source : Sugden et John, 1985).

Esker in form of elongated crest, a slightly sinuous, composed of stratified sediments (source: Sugden and John, 1985).

- | | | |
|---|--|--|
|  Till |  Graviers grossiers / Coarse gravel |  Sables grossiers / Coarse sand |
|  Graviers fins / Fine gravel |  Sables moyens à fins / Medium to fine sand | |

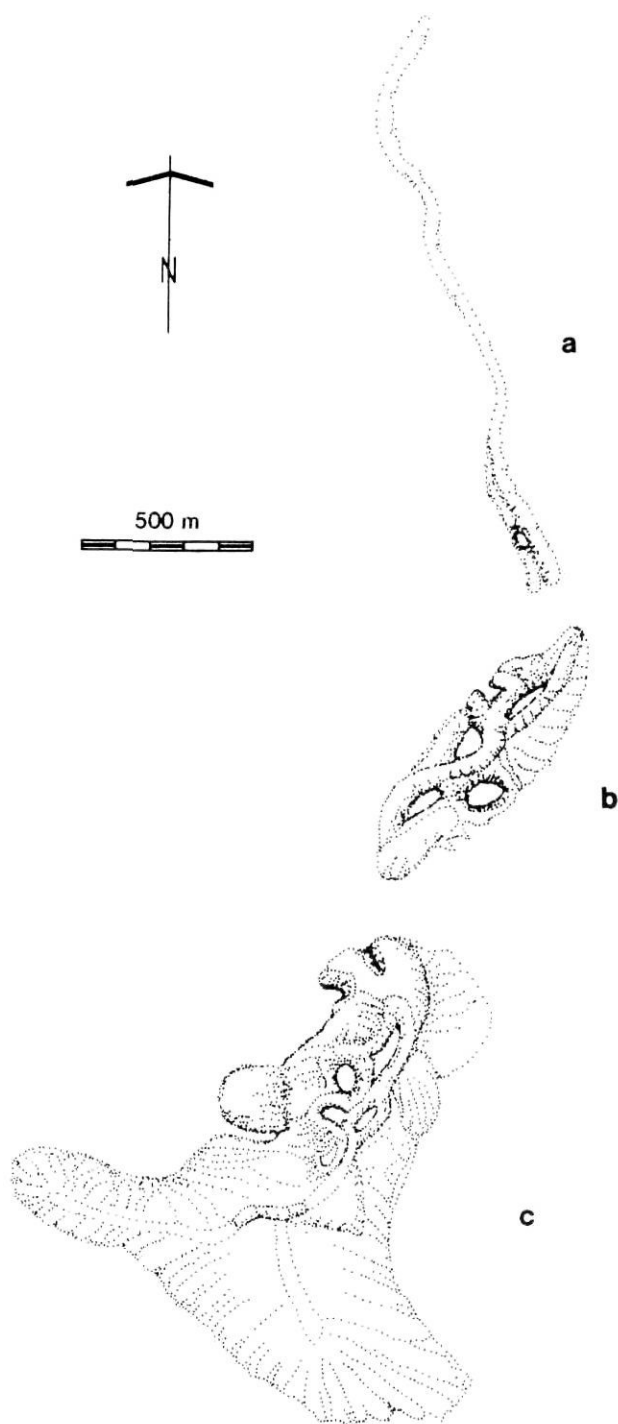


FIGURE 2. Succession de plusieurs types de formes le long d'un complexe fluvioglaciaire, région de Lanark (Ontario) : (a) crête d'esker simple (en cordon ou en lacet), (b) segment d'esker en plusieurs embranchements (réticulé ou anastomosé), (c) épandages fluvioglaciaires deltaïques (source : Gorrell et Shaw, 1991).

Succession of many types of esker forms along a glaciofluvial complex, Lanark area (Ontario) (a) single ridge, (b) reticulated or braided segment, (c) glaciofluvial outwash deposits (source: Gorrell and Shaw, 1991).

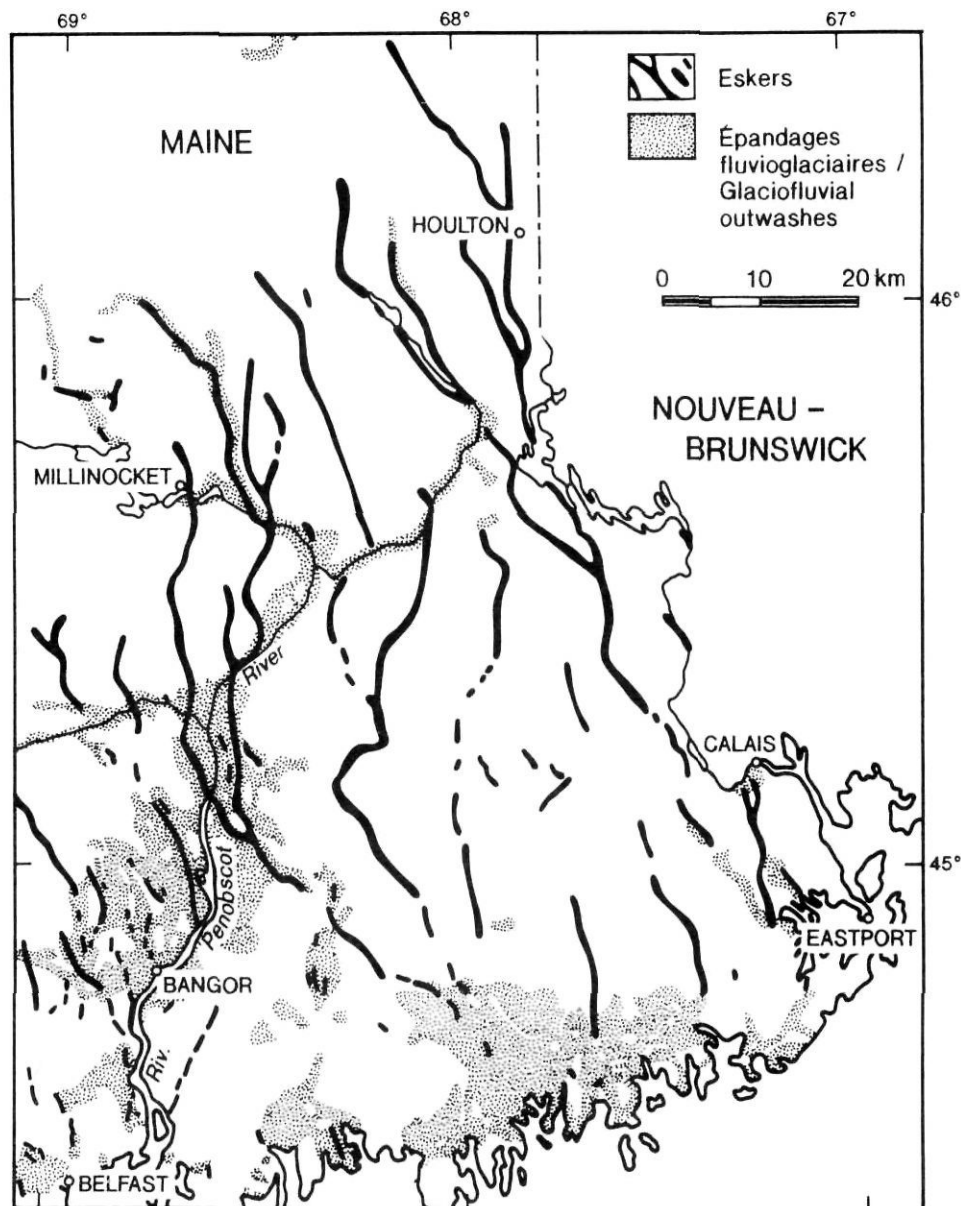
essentiellement sous le parallèle 72°N car les glaciers tempérés offrent des conditions hydrologiques plus favorables à leur formation que les glaciers froids ou polaires (Banerjee et McDonald, 1975). Clark et Walder (1994) font remarquer que les systèmes d'eskers bien développés et nombreux sont davantage localisés dans des territoires où le socle rocheux est cristallin, comme le Bouclier canadien. La plupart des constructions sont observées dans des régions de bas reliefs (Flint, 1971 ; Lundqvist, 1979). Et bien que les crêtes isolées soient communes, les eskers se présentent souvent en groupes dans les systèmes importants. Ils sont alors disposés parallèlement les uns aux autres et certains possèdent des tributaires (fig. 3). En milieu plus accidenté, bon nombre d'eskers suivent le fond des vallées, tandis que d'autres sont disposés à contrepente des versants (par ex. Goldthwait, 1967 ; Dubois, 1972 ; Raukas, 1977 ; Fleegeer, 1986). Ils suivent parfois des lignes de failles (par ex. Härme, 1961 ; Glückert et Kontturi, 1972 ; Allard, 1974 ; Lindström, 1985 ; Levasseur, 1993) et peuvent ainsi se trouver localisés sur des sites à haut potentiel de minéralisation. Des eskers dits « engorgés » (Mannerfelt, 1945, 1981 ; Lundqvist, 1979 ; Johansson, 1994 ; Syverson *et al.*, 1994) sont particuliers aux paysages montagneux. Ces constructions sont orientées vers le bas des pentes, perpendiculairement aux courbes topographiques.

Les eskers sont communs dans le nord-est des États-Unis (Culver, 1895 ; Comstock, 1903 ; McBeth, 1905 ; Wooster, 1911 ; Thompson, 1914 ; Reeves, 1920 ; Chadwick, 1928, 1931 ; etc.) et ils sont particulièrement bien développés dans l'état du Maine (Stone, 1880, 1883, 1893, 1899 ; Perkins, 1933 ; Borns, 1979 ; Farnsworth et Konecki, 1981) (fig. 3). Au Canada, on trouve des systèmes importants dans le Keewatin et le McKenzie (par ex. Craig, 1964 ; Fyles, 1967 ; Kay et Kay, 1976 ; Saint-Onge, 1984d ; Aylsworth et Shilts, 1989), dans le centre du Québec (par ex. Norman, 1938 ; Wilson, 1938 ; LaSalle et Warren, 1968 ; Allard, 1973, 1974 ; Rondot, 1982 ; Levasseur, 1993) et au Labrador (par ex. Henderson, 1959 ; Bolduc *et al.*, 1990 ; Bolduc, 1992). En Europe, on observe de nombreux eskers au cœur de l'Irlande (par ex. Kinahan, 1864 ; Sollas, 1896 ; Gregory, 1920 ; Flint, 1930 ; Warren et Ashley, 1994) et on en trouve également en Écosse, en Angleterre, au Danemark, en Hollande, en Allemagne, en Pologne, en Norvège, en Islande et au nord-ouest de la C.E.I. (l'ancienne U.R.S.S.). Il en existe quelques-uns en Antarctique (voir Stuiver *et al.*, 1981 ; Fitzsimons, 1991). Les eskers sont tout spécialement bien développés en Suède et en Finlande (par ex. Sederholm, 1911 ; Mikkola, 1932 ; Chabot, 1949 ; Bergdahl, 1953 ; Granö, 1958 ; Lindström, 1985). Le tableau I présente la localisation par pays des études sur les eskers, en langue française ou anglaise.

Par ailleurs, on notera que des eskers ont été reconnus dans des formations rocheuses datant de périodes géologiques anciennes (Précambrien, Ordovicien, Carbonifère et Permien) au Brésil, en Australie et en Afrique (voir notamment les études de Frakes *et al.*, 1968 ; Deynoux, 1980 ; Davis et Mallett, 1981 ; Visser *et al.*, 1987 ; Lang *et al.*, 1991). Aussi, des astronomes ont distingué des formes de terrain sur Mars qu'ils croient être des eskers construits

FIGURE 3. Distribution des eskers et des épanchages fluvioglaciaires dans l'état du Maine, États-Unis (source : Charlesworth, 1957).

Distribution of eskers and glaciofluvial outwash deposits in Maine, United States (source: Charlesworth, 1957).



lors d'une glaciation ancienne sur cette planète (voir Kargel et Strom, 1991, 1992 ; Metzger, 1991, 1992 ; Kargel, 1993).

CARACTÈRES SÉDIMENTOLOGIQUES GÉNÉRAUX

GRANULOMÉTRIE

Les sédiments qui composent les eskers sont généralement constitués de sables, de graviers et de cailloux. Ils contiennent une plus ou moins grande quantité de blocs (fig. 4) et les sédiments fins (silts et argiles) sont rares. Les éléments grossiers sont généralement arrondis. Une grande répartition des tailles de débris et des variations brusques de celles-ci sont caractéristiques, comme pour la majorité des dépôts fluvioglaciaires de contact (Flint, 1971). Ces variations de granulométrie et la présence de blocs, qui atteignent parfois plus de 2,0 ou 2,5 m (par ex. Wisniewski, 1973 ; Gorrell et Shaw, 1991), évoquent l'origine glaciaire

des courants d'eau qui mettent en place les eskers. En effet, la puissance de ces courants, fort variable, est étroitement liée à la fonte du glacier qui est plus ou moins rapide suivant les saisons. Ainsi, les faciès à blocs sédimentent pendant des périodes de crue d'eau de fonte (par ex. Shulmeister, 1989 ; Gorrell et Shaw, 1991 ; Levasseur, 1993), alors que des sables et des graviers sont déposés pendant les périodes d'accalmie dans les courants. Les figures sédimentaires dans les dépôts fluvioglaciaires (surtout sableux) des eskers ont fait l'objet de plusieurs études particulières (par ex. Allen, 1971 ; Aario, 1972a, 1972b ; Saunderson 1972, 1975a, 1975b, 1976, 1977a, 1982a ; Saunderson et Jopling, 1980 ; Terwindt et Augustinus, 1985 ; Jensen, 1988).

À noter que l'on trouve parfois du till dans les eskers (fig. 1), lequel aurait glissé ou se serait écoulé à partir de la glace environnante (Lundqvist, 1979). Par ailleurs, Banerjee et McDonald (1975) rapportent des intrusions de silts et



FIGURE 4. Accumulation de blocs dans un esker de la région de Chapais (Québec) (source : Levasseur, 1993).

Accumulation of boulders in an esker, Chapais area (Québec) (source: Levasseur, 1993).

d'argiles dans le cœur de deux eskers de l'Estrie situés sur des rythmites glaciolacustres. Ces intrusions seraient la conséquence de la pression exercée par le poids de la glace le long des flancs des constructions.

FABRIQUES ET PALÉOCOURANTS

Les éléments figurés sont souvent dressés vers l'amont de l'écoulement de l'eau sur une surface subhorizontale (par ex. Rust, 1975, 1977, 1986, 1987 ; Gorrell et Shaw, 1991). Néanmoins, dans les eskers, les plans A-B des cailloux sont en général inclinés suivant la direction des lits frontaux (par ex. Johansson, 1965 ; Robison, 1983 ; Levasseur, 1993). Par ailleurs, une orientation des galets parallèle à la construction et au sens du courant peut être observée (par ex. Lukert et Winters, 1965 ; Embleton et King, 1968 ; Banerjee, 1969 ; Rust, 1977 ; Prichonnet, 1984 ; Brennand, 1994). Selon Rust (1977), des éléments figurés orientés dans le sens de l'écoulement de l'eau indiqueraient des courants de forte énergie. Mais il arrive que les galets aient roulé dans les courant d'eau de fonte et qu'ils soient ainsi disposés perpendiculairement à la crête (par ex. Robison, 1983 ; Gorrell et Shaw, 1991 ; Spooner et Dalrymple, 1993). Suivant Cheel et Rust (1982), les différentes orientations des cailloux dans les dépôts sont dues à la variabilité de la vitesse des courants ainsi qu'à la taille des débris transportés.

Les mesures de paléocourants dans les eskers sont utiles pour distinguer les milieux de mise en place. Une tendance unidirectionnelle reflète un écoulement d'eau chenalisé, confiné à un conduit limité par des parois de glace (par ex. McDonald, 1972 ; Shaw, 1972 ; Prichonnet, 1984 ; Spooner et Dalrymple, 1993 ; Brennand, 1994). À la marge du glacier, lorsque les contraintes latérales de ces parois sont supprimées, l'étalement de l'écoulement à la sortie du conduit d'eau de fonte est indiqué par une grande variabilité des paléocourants (par ex. Banerjee et McDonald, 1975 ; Robison, 1983 ; Thomas, 1984 ; Ashley *et al.*, 1991). Des directions d'écoulement multiples sont aussi provo-

quées lorsque la topographie du substratum rocheux est irrégulière (par ex. Henderson, 1988).

DÉFORMATIONS

Des déformations dans les dépôts fluvioglaciaires de contact peuvent être produites lors de la fonte de la glace qui soutient, en tout ou en partie, les sédiments. Par exemple, des failles inverses apparaissant dans les flancs d'un esker mis en place dans un tunnel sous-glaciaire montrent qu'il y a eu une décrépitude des supports de glace latéraux (McDonald et Shilts, 1975). On avance parfois que l'enlèvement de ces supports de glace, en provoquant l'effondrement des sédiments au niveau des flancs des eskers, serait à l'origine de la structure anticlinale souvent observée dans une coupe traversant perpendiculairement une construction (par ex. Upham, 1876 ; Crosby, 1902 ; Alden, 1918 ; Giles, 1918 ; Flint, 1928 ; Lobanov, 1967 ; Price, 1973). Par ailleurs, des plissements peuvent se former dans les dépôts des eskers lors de la fusion du glacier. Toutefois, ces plis sont souvent occasionnés par des processus synsédimentaires (par ex. effet d'entraînement d'un courant d'eau de fonte turbulent, coulée, glissement, compaction différentielle) dans des sables fins et des silts (voir notamment Aario, 1971 ; Aartolahti, 1987). D'ailleurs, ces déformations sont fréquentes dans les sédiments des épandages subaquatiques. Des plis ou des failles peuvent aussi être le résultat de la fonte de culots de glace dans les sédiments (par ex. Rust et Romanelli, 1975 ; Cheel et Rust, 1982 ; Robison, 1983 ; Rust, 1987 ; Diemer, 1988). Enfin, une faille dans un esker au site d'une gravière peut être provoquée lors de l'exploitation (Lahee, 1908).

On évoque une origine intraglaciaire ou supraglaciaire d'un esker lorsqu'on observe des déformations assez importantes dans les sédiments de la zone axiale de la construction, indiquant que ceux-ci ont été déposés sur ou dans une masse de glace (par ex. Tanner, 1934a ; Robison, 1983). Au contraire, la préservation des structures sédimentaires et l'absence de déformations majeures indiquent une mise en place des eskers à la base d'un glacier. Notons par ailleurs que Van der Sijp (1952) a décrit aux Pays-Bas des eskers (?) ayant une morphologie extrêmement déformée, les dépôts ayant été fortement remaniés par l'action du vent lors de la dernière glaciation.

COMPOSITION PÉTROGRAPHIQUE

Il est reconnu que les eskers reflètent une composition pétrographique plus distale que le till (par ex. Hellaakoski, 1930 ; Virkkala, 1958 ; Van Beever, 1971 ; Alley, 1972 ; Kaitanen et Ström, 1978 ; Bolduc *et al.*, 1987, 1988 ; Levasseur, 1993). Leurs dépôts sont composés de débris qui proviennent en grande partie du till adjacent aux crêtes et en amont de l'écoulement glaciaire (Bolduc, 1992). Ils constituent ainsi un dérivé secondaire du substratum rocheux. Une bonne part des constituants peut cependant provenir de la charge intraglaciaire (Baker, 1982a ; Levasseur et Prichonnet, 1995) ou directement du substratum rocheux érodé par les torrents sous-glaciaires. Sauf quelques exceptions (Bolduc *et al.*, 1989 ; Bolduc, 1990, 1992 ; Lilliesköld, 1990), l'essentiel des matériaux des eskers

est transporté sur moins d'une dizaine de kilomètres à partir de la source des débris. Par exemple, la composition de fragments rocheux dans des boulettes de terre durcie entraînées dans un esker de Finlande indique un transport des débris d'environ 4,5 km (Okko, 1951). La teneur en minéraux lourds des eskers témoigne aussi du caractère proximal des sédiments (par ex. Trefethen et Trefethen, 1944 ; Perttunen, 1989 ; Perttunen et Vartiainen, 1992), voire même de l'origine sous-glaciaire des constructions (voir Erickson, 1948 ; Sandefur *et al.*, 1952). On notera que la composition minéralogique ou géochimique des eskers a souvent été utilisée comme outil d'exploration minérale (par ex. Lee, 1965, 1968a, 1968b ; Cachau-Hereillat et LaSalle, 1969, 1971 ; Shiels, 1973 ; Shiels et McDonald, 1975 ; Wolfe *et al.*, 1975 ; LaSalle *et al.*, 1976, 1977, 1986 ; Dredge, 1981 ; Martin et Eng, 1985 ; Brown, 1988 ; Beaumier *et al.*, 1993).

THÉORIES SUR L'ORIGINE DES ESKERS

LES PREMIÈRES IDÉES

Depuis que les eskers ont attiré l'attention des naturalistes, de nombreuses hypothèses furent avancées pour expliquer leur origine. On attribue à l'Irlandais Richard Prior, en 1699, la première description d'une crête de sables et graviers correspondant à un esker (cité dans Davies, 1970). Selon Prior, l'esker devait son origine au déluge biblique : « ...this Ridge of Pebble and Sand was brought from some remote places by some violent motion of Waters, [...] believ'd it to be the effects of Noah's Flood... » (p. 147). L'origine marine des eskers fut souvent proposée : « ...the great systems of eskers [...] are due to the meeting of currents in a tidal sea... » (Kinahan, 1875, p. 87) ; « ...eskers result from the irregular heaping up of material in shallow seas or estuaries from the action of diverse currents » (Holmes, 1883, p. 442) (voir aussi Chalmers, 1886, pour certains eskers de la Gaspésie et des provinces maritimes). Plusieurs auteurs les considéraient comme d'anciennes lignes de rivage (par ex. Dawson, Hisinger, Chambers, Erdman, Torell, cités dans Giles, 1918), tandis que d'autres faisaient intervenir l'action de glaces flottantes (par ex. Newberry, 1874 ; Dana, 1881). Törnebohm (1872) supposait que les eskers résultaient de l'érosion différentielle d'une couverture de sédiments fins autour du lit d'un ancien cours d'eau rempli de graviers et de pierres. On pensait aussi dans quelques régions de la Nouvelle-Angleterre qu'ils étaient l'œuvre d'aborigènes (Shaler, 1884 ; Giles, 1918). On a même cru au Danemark que le sac percé d'un lutin était responsable de leur existence (Charlesworth, 1957). L'origine fluvioglaciaire des eskers fut définitivement établie lorsque l'on démontra que leurs dépôts étaient associés avec les sédiments glaciaires (Trowbridge, 1914).

HYPOTHÈSE DES CHENAUX SOUS-GLACIAIRES

Le concept de mise en place le plus communément proposé pour expliquer l'origine des eskers est probablement celui des chenaux sous-glaciaires. Avancée par Hummel (1874), puis développée par Strandmark (1885, 1889) en Scandinavie et Davis (1892) en Amérique du Nord, cette hypothèse suppose la présence d'une marge glaciaire en

décrépitude (stagnante et amincie). Les eaux de fonte de la base et celles provenant de la surface du glacier par le biais des crevasses sont rassemblées dans des tunnels sous-glaciaires pour former les eskers. Le dépôt résulte de la perte de compétence du courant d'eau de fonte, que l'on attribue généralement à plusieurs causes : (1) la surcharge sédimentaire des chenaux, (2) une inclinaison du lit sous-glaciaire à contre-pente de l'écoulement de l'eau dans le conduit, (3) la présence d'un plan d'eau stagnant sous la glace, (4) une diversion du chenal ou (5) son élargissement (Sugden et John, 1985). La forme sinueuse et les versants abrupts de plusieurs crêtes d'eskers démontreraient qu'il y a eu un moulage des dépôts stratifiés dans les tunnels sous-glaciaires. Cet argument a été proposé par plusieurs auteurs à la fin du XIX^e siècle (par ex. Hummel, 1874 ; Woodworth, 1894 ; Sollas, 1896). Par ailleurs, des stratifications disposées parallèlement aux versants des eskers, formant une structure anticlinale en coupe perpendiculaire (Upham, 1876 ; Stone, 1899 ; Scheffel, 1908 ; Giles, 1918 ; Morin, 1944 ; Synge, 1950 ; Granó, 1958 ; Farrington et Synge, 1970 ; Allard, 1974 ; etc.), est attribuable à une sédimentation qui s'est faite dans un tunnel sous-glaciaire (Drewry, 1986 ; Garbutt, 1990 ; Brennand, 1994).

La présence d'une nappe de till recouvrant un esker (par ex. Scheffel, 1908 ; Embleton et King, 1968 ; Radlowska, 1969 ; Welsted et Young, 1980 ; Brown et Stea, 1987 ; Peltoniemi *et al.*, 1989 ; Iisalo, 1992 ; Lundqvist *et al.*, 1993) (fig. 1) confirme une origine sous-glaciaire de la construction, à moins que la couverture de till n'indique qu'il y a eu une oscillation de la marge glaciaire lors de la déglaciation (par ex. Upham, 1910 ; Mäkinen, 1985). Quelquefois, l'érosion du substratum rocheux sous les eskers par l'action des eaux de fonte (par ex. Lundqvist, 1983 ; Sutinen, 1985 ; Christiansen, 1987 ; Gray, 1988 ; Gorrell et Shaw, 1991 ; Spooner et Dalrymple, 1993 ; Brennand et Shaw, 1994) confirme leur mise en place dans un tunnel sous le glacier. D'ailleurs, des eskers encaissés dans le till sous-jacent ont été observés (par ex. Leverett, 1902 ; Giles, 1918 ; Michalska, 1969, 1971 ; Lundqvist, 1983 ; Fernandez, 1987 ; Hebrand et Åmark, 1989 ; Buraczynski et Superson, 1992). De plus, on note parfois la présence de fossés dans le till de part et d'autre de la crête d'un esker (par ex. Henderson, 1959), lesquels témoignent de l'érosion du till par les courants d'eau de fonte à la base du glacier avant ou lors de la construction de l'esker (voir notamment Lundqvist, 1979 ; Saint-Onge, 1984d).

HYPOTHÈSES DES CHENAUX SUPRAGLACIAIRES ET INTRAGLACIAIRES

Une autre théorie suppose que les eskers sont constitués de sédiments déposés dans des chenaux s'écoulant à la surface de la glace ou dans sa masse (Tanner, 1928 *et pas.*). L'idée que les eskers puissent avoir une origine supraglaciaire a initialement été proposée par Holst (1876-77) et fut plus tard développée par Crosby (1902). Les tenants de cette hypothèse (par ex. Alden, 1918, 1924 ; Okko, 1945 ; Price, 1966, 1969) soutiennent que les constructions sont mises en place par affaissement du matériel sur la surface sous-glaciaire lors de la fonte du glacier. La

forme distinctive des crêtes d'eskers ne serait pas détruite pendant ce processus. L'hypothèse permet d'expliquer la genèse des eskers superposés à divers accidents du relief sans faire appel à la pression hydrostatique élevée dans les tunnels sous-glaciaires (comme McBeth, 1905 ; Trowbridge, 1914 ; Giles, 1918 ; Fleeger, 1986). Cependant, dans la majorité des cas, l'hypothèse des chenaux supraglaciaires ou intraglaciaires est difficile à défendre, notamment pour les raisons suivantes : (1) l'influence de la topographie sur l'écoulement des eaux de fonte, (2) la préservation des structures sédimentaires dans les dépôts, et (3) l'instabilité et la discontinuité des courants d'eau développés sur la glace ou dans sa masse. D'autre part, la présence de la majorité des débris rocheux des glaciers à proximité de leur base (Lawson, 1979) tend à infirmer cette théorie.

HYPOTHÈSE DE LA MARGE GLACIAIRE

Parfois appelée en anglais *frontal delta hypothesis*, cette théorie est une adaptation de l'hypothèse des chenaux sous-glaciaires. Elle suppose que les eskers sont formés dans un lac proglaciaire au débouché d'un cours d'eau

s'écoulant à la base d'un glacier. L'idée a originellement été présentée par Shaler (1884) et fut plus tard soutenue par Hershey (1897), dans l'Illinois, et par De Geer (1897) et Von Toll (1898), en Scandinavie. Par exemple, De Geer observa que certains eskers étaient formés de courts segments alignés. Selon lui, chacun des segments représenterait un petit cône d'épandage construit au front du glacier en retrait (fig. 5a). La partie filiforme des crêtes aurait été mise en place dans un court tunnel sous-glaciaire débouchant dans le plan d'eau. Gregory (1912) appuya l'hypothèse de mise en place en marge d'un glacier : « *Eskers are essentially ridges of gravels and sands deposited along the courses of glacial rivers ; [...] built up into long ridges by the overlapping of successive delta fans...* » (p. 174) (fig. 5b). Par ailleurs, Hanson (1943) démontra la valeur de cette théorie en simulant expérimentalement la construction d'un esker dans un lac proglaciaire.

Des épandages subaquatiques construits à l'embouchure de conduits d'eau de fonte ont abondamment été documentés (par ex. Rust et Romanelli, 1975 ; Rust, 1977, 1986, 1987 ; Cheel, 1982 ; Cheel et Rust, 1982 ; Robison, 1983 ; Thomas, 1984 ; Diemer, 1988 ; Sharpe, 1987, 1988 ;

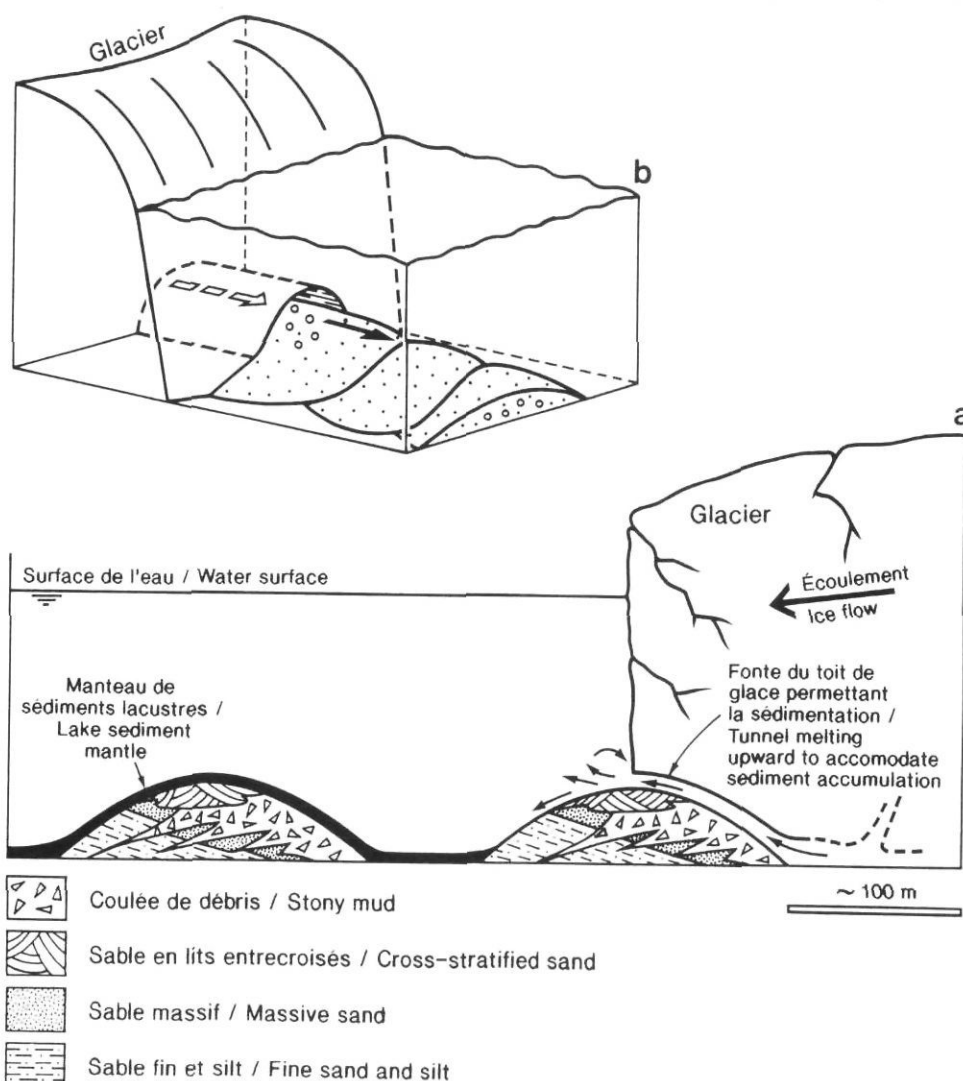


FIGURE 5. Construction d'eskers suivant l'hypothèse de la marge glaciaire : (a) segments deltaïques séparés, (b) segments deltaïques superposés (sources : (a) Banerjee et McDonald, 1975, (b) Rust et Romanelli, 1975).

Eskers construction according to frontal delta hypothesis : (a) beaded esker, (b) overlapping of delta fans (sources : (a) Banerjee et McDonald, 1975, (b) Rust et Romanelli, 1975).

Thompson, 1989). Dans la région de Chapais-Chibougamau, certains épandages subaquatiques constituent les flancs des eskers « rétrogressifs » (Norman, 1938 ; Levasseur, 1993). Ceux-ci dominent la pénéplaine en formant des crêtes larges et continues de 45 à 50 m de hauteur qui se prolongent sur plusieurs dizaines de kilomètres. Ces eskers doivent leur continuité au retrait progressif de la marge du glacier ; les épandages subaquatiques ont entouré les crêtes à mesure que le front glaciaire reculait (Levasseur, 1993) (fig. 6). Par ailleurs, des deltas fluvioglaciaires percés de nombreux kettles forment des élargissements de 3 à 4 km le long de ces eskers. Ils marquent des haltes relativement prolongées de la marge du glacier dans le lac proglaciaire. Des renflements de ce genre sont communs en Abitibi (LaSalle et Warren, 1968), et particulièrement le long de certains eskers de Suède (Lundqvist, 1983 ; Lindström, 1987, 1993). Notons qu'un delta peut être relié dans sa partie amont à un tronçon d'esker isolé (alors appelé *feeding esker*) (voir notamment Davis, 1890, 1892 ; Clapp, 1904 ; Washburn, 1941 ; Levasseur, 1993).

Par ailleurs, des sédiments et des formes de remaniement (sables et graviers d'exondation, flèches et cordons littoraux, terrasses, plages, escarpements d'érosion littorale, dunes, etc.) sur un esker confirment souvent qu'il a été mis en place dans un plan d'eau en marge d'un glacier (voir notamment Lougee, 1941, 1945 ; Granö, 1958 ; Aartolahti, 1972, 1973 ; Denny, 1972 ; Allard, 1974 ; Åse, 1988, 1991 ; Åse et Bergström, 1982, 1984 ; Sharpe, 1988). De nos jours, des constructions littorales variées (levées de plage, tombolos, etc.) se développent sur des eskers en partie immergés dans le golfe de Finlande (Granö, 1970, 1977, 1981). Enfin, on notera qu'un esker construit en milieu subaquatique (glaciolacustre ou glaciomarin) est toujours associé avec des dépôts fins (silts et argiles) (fig. 5a). L'ensemble contient souvent des débris rocheux délestés par des glaces flottantes (voir par ex. Cheel, 1982 ; Thomas, 1984 ; Sharpe, 1987, 1988 ; Diemer, 1988 ; Spooner et Dalrymple, 1993).

AUTRES HYPOTHÈSES

Flint (1928), Suttner (1967) et Ruszczyńska-Szenajch (1991) ont distingué des formes de remplissage de crevasses des véritables crêtes d'eskers mises en place dans des chenaux d'eau de fonte. Contrairement aux eskers qui sont toujours disposés plus ou moins perpendiculairement au front glaciaire, les formes de remplissage peuvent être orientées dans n'importe quelle direction. On doit noter cependant que les crevasses dans la glace sont souvent disposées parallèlement au front d'un glacier. Prest (1919, 1922) avait déjà évoqué ce mécanisme de mise en place pour expliquer l'origine des « eskers » transversaux (*transverse eskers*) qu'il décrit en Nouvelle-Écosse (voir aussi Glückert et Kontturi, 1972 ; Persson, 1974). En outre, des formes que l'on a attribuées à des remplissages de crevasses fossilifères construits en contact avec une mer post-glaciaire ont notamment été décrites par Trefethen et Harris (1940), dans le Maine, et par Osborne (1950), au Québec.

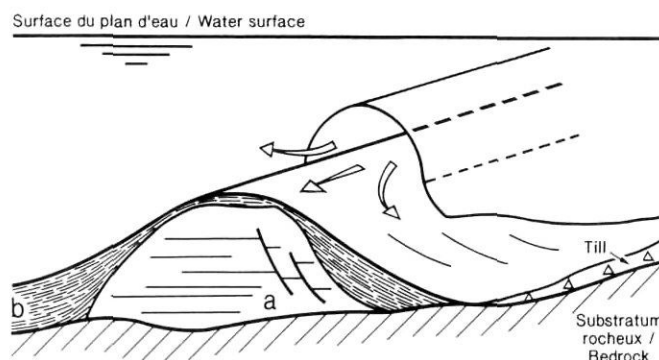


FIGURE 6. Construction d'un esker « rétrogressif » dans un lac proglaciaire à l'embouchure d'un tunnel sous-glaciaire : (a) sédiments mis en place dans le tunnel, (b) sédiments proglaciaires d'épandage (simplifié de Sharpe, 1988).

"Retrogressive" esker construction in proglacial lake at the mouth of subglacial tunnel: (a) sediments deposited in tunnel, (b) proglacial fan sediments (simplified from Sharpe, 1988).

Par ailleurs, certains auteurs (notamment Upham, 1893, 1894a, 1904, 1910 ; Goldthwait, 1939 ; Sharp, 1953 ; Matisto, 1961) ont avancé l'hypothèse de gorges profondes ouvertes dans la glace (*ice-walled canyons*) pour expliquer l'origine des eskers. Suivant cette théorie, les canyons pouvaient être ou non en contact avec la surface sous-glaciaire. Ceux-ci pourraient même parfois se développer par suite de l'effondrement du toit de glace au-dessus d'un conduit d'eau de fonte (Dryer, 1901). Cette dernière idée a été reprise par Banerjee et McDonald (1975) : « *It is [...] probable that some eskers started to accumulate in tunnels and, after thinning and collapse of the ice roof, final sedimentation took place subaerially* » (p. 134).

HYDRODYNAMIQUE ET MODÈLES DE SÉDIMENTATION

ÉCOULEMENT DES EAUX DE FONTE

Les eskers regroupés en systèmes résultent de réseaux de drainage très organisés des eaux de fonte (Banerjee et McDonald, 1975 ; Shilts et Aylsworth, 1989 ; Ashley *et al.*, 1990). Celles-ci s'écoulent suivant les charges hydrauliques (Shreve, 1972, 1985a, 1985b) vers la périphérie du glacier en ablation. La direction du drainage est déterminée par la topographie de la surface de la glace (Shreve, 1984 ; Syverson *et al.*, 1994). L'eau provient principalement de la fonte superficielle du glacier ; des sources émanent aussi des précipitations et de la fusion de la glace (par la chaleur due à son écoulement, par la pression cryostatique élevée ou par le flux géothermique) (Shreve, 1972 ; Drewry, 1986). Les eaux superficielles rejoignent les chenaux intraglaciers et sous-glaciaires par des veinules intergranulaires, des fissures, des crevasses ou des moulins (Drewry, 1986). La pression hydrostatique dans les tunnels sous-glaciaires est liée au poids de la glace, aux débits d'eau de fonte dans les conduits, à la topographie de la surface du glacier et à celle du lit sous-glaciaire, à la température de la glace et à la perméabilité du terrain (Shreve, 1972 ; Paterson, 1981).

STABILITÉ DES CONDUITS SOUS-GLACIAIRES

C'est en tunnel que l'écoulement des eaux de fonte à la base d'un glacier est le plus stable (Shreve, 1972). La capacité d'un courant d'eau de fonte de maintenir un conduit ouvert dans la glace par la chaleur résultant de la circulation de l'eau ou par érosion mécanique l'emporte sur la pression cryostatique qui tend à le refermer (Röthlisberger, 1972 ; Hooke, 1984). En effet, le diamètre d'un tunnel tend à s'accroître rapidement en réponse à un fort débit d'eau de fonte, alors que la fermeture du conduit pendant les périodes de faible débit est un phénomène beaucoup plus lent. De plus, le diamètre d'un tunnel tend à s'agrandir lorsque la rugosité des parois de glace s'accroît (principalement à cause de la charge sédimentaire qui y est incluse), même si le débit d'eau de fonte dans le conduit diminue (Hall et Hartshorn, 1985). Il n'est donc pas démontré qu'une trop grande plasticité de la glace à la base d'un glacier empêche de maintenir ouvert les tunnels sous-glaciaires.

SÉDIMENTATION EN CHENAL SUBAÉRIEN

L'eau de fonte est en écoulement libre (*open channel*) lorsqu'elle circule dans un tunnel partiellement ennoyé (en position sous-glaciaire ou intraglaciaire) ou dans un chenal sans toit de glace (voir par ex. Shaw, 1972 ; Coupland et Mayewski, 1980). L'écoulement se fait à la pression atmosphérique et il est de type fluvial. Des lits obliques et entrecroisés sont produits par la progression de bancs alluviaux, de dunes sous-aquatiques ou de trains de rides dans le chenal d'eau de fonte (par ex. Banerjee et McDonald, 1975 ; Saunderson, 1975b ; Ringrose, 1982). Le principal indice d'un écoulement en chenal ouvert est la présence de lits inverses d'antidunes (*backset beds*) (Banerjee et McDonald, 1975). Ces structures sédimentaires témoignent d'un écoulement turbulent des eaux de fonte en chenal ouvert, car des ondulations à la surface de l'eau sont nécessaires à leur formation (Kennedy, 1963).

SÉDIMENTATION EN TUNNEL

L'écoulement en tunnel s'effectue dans un conduit fermé (intraglaciaire ou sous-glaciaire) totalement rempli par de l'eau de fonte qui y circule sous pression, c'est-à-dire en conduite forcée (*full-pipe flow*). Les sédiments déposés peuvent montrer des structures parallèles, obliques et entrecroisées au sein de stratifications tabulaires parallèles et subhorizontales (Banerjee et McDonald, 1975). Les sédiments fins sont rares et les paléocourants montrent une faible variabilité. Une crête d'esker allongée et aux versants abrupts (*steep-sided ridge*) serait le produit d'une sédimentation en tunnel. La présence d'une voûte de glace supprimant les vagues de surface explique l'absence d'antidunes (McDonald et Vincent, 1972 ; Saunderson, 1974). L'écoulement en tunnel semble possible pour les systèmes d'eskers de grandes dimensions (Garbutt, 1990).

Par ailleurs, un faciès diamictique de graviers et de blocs non jointifs dans une matrice sablo-graveleuse abondante et très peu classée serait caractéristique d'un écoulement d'eau de fonte sous pression dans un tunnel sous-glaciaire (Saunderson, 1977b, 1978, 1982a ; Ringrose,

1982 ; Lindström, 1985 ; Bolduc, 1992 ; Levasseur, 1993). Appelé le *sliding bed facies* (Saunderson, 1977b) (« faciès de glissement de lit »), ce type de sédiment semble montrer qu'il y a eu un transport et un dépôt simultanés des éléments grossiers et de la matrice : dans le conduit sous-glaciaire, la présence de la voûte de glace force l'eau sous pression à s'écouler à travers les sédiments de la charge de fond et peut alors provoquer son glissement en bloc. Le glissement cesserait lorsque le débit peut s'accommoder de l'espace entre le plafond du tunnel et la surface du lit.

SÉDIMENTATION DE TYPE DELTAÏQUE

Lorsque la mise en place des dépôts se fait dans un plan d'eau présent à la marge du glacier, le mode de sédimentation est de type deltaïque. Une succession d'épanchages subaquatiques est mise en place à l'embouchure d'un conduit d'eau de fonte pour édifier une série de petits deltas (par ex. De Geer, 1897 ; Banerjee et McDonald, 1975 ; Clinch et Weddle, 1989) (fig. 5a) ou une crête continue formée par la coalescence de plusieurs cônes de déjection successifs (par ex. Rust et Romanelli, 1975 ; Cheel, 1982 ; Cheel et Rust, 1982 ; Thomas, 1984) (fig. 5b). Les différents segments de l'esker sont déposés dans un milieu caractérisé par une brusque décélération de l'écoulement. Les changements rapides de faciès sont courants : par exemple, des graviers en amont (à l'apex du cône) peuvent être interdigités avec des sables qui passent progressivement en aval à des sédiments fins glaciolacustres (Banerjee et McDonald, 1975) (fig. 5a). Des glissements (*slumps*), des coulées boueuses et des courants de turbidité sont fréquents en milieu subaquatique.

L'APPROVISIONNEMENT EN MATÉRIAUX

La provenance des matériaux des eskers préoccupait déjà les naturalistes de la fin du siècle dernier. Par exemple, Chamberlin (1893) admettait l'idée que les sédiments provenaient surtout de la base d'un glacier, alors qu'Upham (1894b) croyait à des apports essentiellement intraglaciaires et supraglaciaires. Plus tard, en évaluant le volume de débris présents dans un glacier, Pessl et Frederick (1981) ont démontré qu'une calotte glaciaire stagnante ne peut fournir la masse de sédiments suffisante pour rendre compte du volume des dépôts fluvioglaciaires dans une région donnée. Par ailleurs, Ashley *et al.* (1990) ont évalué que la masse de till sous les tunnels sous-glaciaires n'équivalait qu'à 5% du volume de matériaux des deltas fluvioglaciaires du Maine. Certains chercheurs (par ex. Baker, 1982a ; Shilts, 1984 ; Shreve, 1985a ; Ashley *et al.*, 1990 ; Bolduc, 1992) ont alors évoqué une alimentation continue des eskers en matériaux provenant à la fois du till et de la charge glaciaire localisés de part et d'autre du tunnel. Wadell (1932) avait déjà supposé que la glace tend à s'écouler vers une zone de moindre pression, ce que représente la présence d'un conduit. D'ailleurs, des stries glaciaires convergeant vers des eskers ont été observées (Repo, 1954 ; Veillette, 1986 ; Bolduc, 1990, 1992). Les glaciers responsables de la construction des gros eskers devaient donc être actifs (voir par ex. Koteff, 1984) pour expliquer la taille de ceux-ci. La convergence de la glace

vers les tunnels sous-glaciaires peut expliquer le changement d'orientation des moraines de De Geer au voisinage d'eskers de la région de Chapais (Levasseur, 1993) et du nord de la Norvège (voir Sollid et Carlson, 1984).

LONGUEUR DES TUNNELS ET DIACHRONISME DES CONSTRUCTIONS

On avance souvent l'hypothèse selon laquelle les eskers d'origine sous-glaciaire se seraient construits au front d'un glacier, dans les premiers kilomètres à l'intérieur de la glace (par ex. Giles, 1918 ; Banerjee et McDonald, 1975 ; Saint-Onge, 1984d ; Shilts, 1984). En se basant sur le transport fluvioglaciaire des débris de péridotite (2 à 5 cm) dans l'esker Windsor, en Estrie, Shilts et McDonald (1975) ont estimé que la longueur du courant d'eau de fonte lors de la mise en place de l'esker était de 3 ou 4 km. De plus, au Labrador, Bolduc *et al.* (1988) ont observé qu'en quittant une traînée de dispersion dans le till, des fragments rocheux marqueurs sont encore présents dans les dépôts d'un esker à 10 km de la traînée. Ils ont alors avancé que le tunnel sous-glaciaire pouvait mesurer jusqu'à 10 km. Cependant, la longueur des conduits peut atteindre plus de 25 km pour les eskers des systèmes importants, voire même 100 km selon Bolduc (1992, p. 135). Au Québec, le tunnel dans lequel a été mis en place l'esker du lac Waconichi devait mesurer plus de 25 km pour expliquer la présence de débris marqueurs à plus de 25 km en aval de la source la plus proche, c'est-à-dire dans le till (Levasseur, 1993).

Les eskers doivent leur continuité au retrait progressif du front du glacier. Ils sont alors diachroniques (*time-transgressive*), la portion en aval étant plus ancienne que la portion en amont. Le diachronisme de certains eskers est reflété par la mise en place de séquences similaires de sédiments déposés l'un derrière l'autre à mesure que le front du glacier recule (par ex. Banerjee et McDonald, 1975 ; Rust et Romanelli, 1975 ; Kotteff et Pessl, 1981 ; Hebrand et Åmark, 1989) (fig. 5). La construction d'un esker à l'embouchure d'un conduit sous-glaciaire est favorisée par la fonte partielle du plafond du tunnel (McDonald et Vincent, 1972 ; Banerjee et McDonald, 1975). La controverse à propos d'eskers mis en place simultanément sur toute la longueur de tunnels mesurant plusieurs dizaines de kilomètres de long (Ringrose, 1982 ; Shreve, 1985a, 1985b ; Garbutt, 1990 ; Ashley *et al.*, 1991 ; Brennand, 1994) n'est pas résolue.

TÉMOIGNAGE DES GLACIERS ACTUELS

De nombreuses crêtes d'eskers en voie de formation ou débouchant au front de glaciers actuels ont déjà été observées puis étudiées. Les expéditions de Russell en Alaska (1892a, 1892b, 1893) lui donnèrent l'occasion d'observer l'efficacité des eaux de fonte dans la sédimentation des sables et des graviers. Meier (1951) a signalé l'émergence d'eskers à l'embouchure de tunnels sous-glaciaires dans les Wind River Mountains, au Wyoming. Un cas similaire a été étudié par Lewis (1949) en Norvège. Les caractéristiques morphologiques et structurales de quelques eskers du Spitsberg montrent qu'ils ont été édifiés dans des che-

naux sous la glace (Jewtuchowicz, 1965). En bordure du glacier Burroughs en Alaska, Syverson *et al.* (1994) ont d'ailleurs observé un esker dans un tunnel sous-glaciaire qui montre une structure anticlinale typique en coupe perpendiculaire. De toute évidence, ceci démontre bien que la disposition en arche des strates n'est pas la conséquence de l'effondrement des sédiments par suite de l'enlèvement des supports de glace de part et d'autre.

Par ailleurs, des observations faites en Alaska (Hartshorn, 1952 ; Price, 1966 ; Gustavson et Boothroyd, 1982 ; Syverson *et al.*, 1994), en Islande (Howarth, 1966, 1971 ; Price, 1969), en Norvège (Szupryczyński, 1965) et en Antarctique (Fitzsimons, 1991) confirment que certaines crêtes peuvent être construites suivant la théorie des chenaux supraglaciaires ou intraglaciaires. Citons pour exemple Price (1966, p. 123) : « *The photogrammetric evidence of the change in altitude of some of the eskers near the Casement Glacier clearly indicates that eskers can be let down from the surface of a glacier on to the subglacial surface without being destroyed* ». On notera que les crêtes d'eskers construites dans des conduits intraglaciaires ou supraglaciaires sont généralement de morphologie irrégulière et de hauteur inégale. De plus, les eskers des milieux glaciaires contemporains (voir aussi Washburn, 1941 ; Ives, 1967 ; King et Buckley, 1969 ; Mickelson, 1972 ; Croot, 1973 ; Huddart et Lister, 1981 ; Niewiarowski et Kitajgradski, 1982 ; Riedel *et al.*, 1987) sont de très petite taille si on les compare aux constructions qui ont été mises en place au cours des glaciations du Pléistocène. Les inlandsis continentaux à l'origine de la majorité des systèmes d'eskers mondiaux ont eu une activité hydrologique beaucoup plus importante que les glaciers actuels. La comparaison sur les modalités de mise en place est donc hasardeuse. Aussi, on notera que les eskers des milieux glaciaires d'aujourd'hui renferment souvent des coeurs de glace qui en augmentent sensiblement le volume (par ex. Lewis, 1949 ; Stokes, 1958 ; Howarth, 1966, 1971 ; Price, 1966 ; Gustavson et Boothroyd, 1982 ; Riedel *et al.*, 1987). La fonte de cette glace rend difficile la préservation des crêtes.

CONCLUSION

Les eskers sont principalement observés dans des régions de l'Amérique du Nord et de l'Europe qui ont été envahies par des calottes glaciaires continentales au cours du Quaternaire. Les différentes hypothèses avancées par les premiers observateurs pour expliquer l'origine des constructions (de l'action marine à l'action fluvioglaciaire) témoignent de l'évolution de la conception des événements géologiques quaternaires. L'analyse de la documentation permet de conclure que plusieurs modes de formation des eskers sont possibles. Le concept de mise en place le plus fréquemment évoqué est celui des chenaux sous-glaciaires. Pour certains, le dépôt des sédiments se fait à même les tunnels, tandis que pour d'autres, leur mise en place s'effectue à l'embouchure des conduits dans un plan d'eau en marge du glacier. La théorie des chenaux supraglaciaires et intraglaciaires, quant à elle, rend compte de certains cas.

Les eskers bien développés traduisent un réseau de drainage très organisé des eaux de fonte. Ils ont été construits où celles-ci étaient abondantes lors de la déglaciation. En ce qui a trait aux modalités de sédimentation des eskers, les matériaux peuvent être mis en place en chenal subaérien dans un conduit partiellement rempli d'eau de fonte (*open channel*), en canalisation forcée dans un tunnel entièrement ennoyé (*full-pipe flow*), ou à la marge d'un glacier dans un plan d'eau glaciolacustre ou glaciomarin suivant le modèle de sédimentation deltaïque. Les modes de sédimentation ne s'excluent pas l'un l'autre, et plusieurs des mécanismes évoqués peuvent survenir durant la construction d'un même esker. Néanmoins, une glace active est nécessaire pour approvisionner efficacement les gros eskers en sédiments.

Des crêtes d'eskers en position sous-glaciaire (débouchant dans certains cas dans un plan d'eau en marge d'un glacier), intraglaciaire ou supraglaciaire ont été rapportés dans les environnements glaciaires actuels. Cependant, on ne pourra prétendre avec certitude que les caractéristiques de mise en place des eskers « modernes » sont équivalentes de celles qui ont existé dans le passé, surtout s'il s'agit d'une calotte glaciaire continentale.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient vivement à remercier M^{me} Michelle Laithier, du Département des sciences de la Terre de l'Université du Québec à Montréal, qui a reproduit les figures de sa main d'artiste afin d'illustrer cet essai. Il remercie également M. Gilbert Prichonnet qui a bien voulu relire la première version du manuscrit, ainsi que les lecteurs, M^{me} Andrée Bolduc et M. Jean Veillette.

RÉFÉRENCES

- Aario, R., 1971. Syndepositional deformation in the Kurkiselkä esker, Kiiminki, Finland. *Bulletin of the Geological Society of Finland*, 43 : 163-172.
- 1972a. Associations of bed forms and paleocurrent patterns in an esker delta, Haapajärvi, Finland. *Annales Academiae Scientiarum Fennicae, Series A-III (Geologica-Geographica)*, 111 : 1-55.
- 1972b. Exposed bed forms and inferred three-dimensional flow geometry in an esker delta, Finland, p. 149-158. *In* International Geological Congress, 24th session, Montréal.
- Aartolahti, T., 1972. On the beach ridges in the area of the Virtaankangas-Säkylänharju esker, SW-Finland. *Fennia*, 117 : 1-31.
- 1973. Morphology, vegetation and development of Rokuanvaara, an esker and dune complex in Finland. *Fennia*, 127 : 1-53.
- 1987. Contorted structures in Quaternary glaciofluvial deposits in southern Finland. *Annales Academiae Scientiarum Fennicae, Series A-III (Geologica-Geographica)*, 143 : 1-51.
- Alden, W. C., 1918. The Quaternary geology of southeastern Wisconsin ; with a chapter on the older rock formations. United States Geological Survey, Professional Paper 106, 356 p.
- 1924. The physical features of central Massachusetts. United States Geological Survey, Bulletin 760-B, p. 13-105.
- Allard, M., 1973. Les eskers de l'interfluve Bell-Harricana, Abitibi. *Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec*, 210 p.
- 1974. Géomorphologie des eskers abitibiens. *Cahiers de Géographie de Québec*, 18 (44) : 271-296.
- Allen, J. R. L., 1971. A theoretical and experimental study of climbing-ripple cross-lamination, with a field application to the Uppsala esker. *Geografiska Annaler, section A*, 53 (3-4) : 157-187.
- Alley, D. W., 1972. Rock particle transport distances in the Norwood esker. *Thèse de B.Sc., Brock University, St. Catharines*, 57 p.
- Andersen, S. A., 1931a. The eskers and terraces in the basin of River Susaa and their evidences of the processes of ice waning. *Danmarks Geologiske Undersøgelse*, 2 (54) : 1-201.
- 1931b. The waning of the last continental glacier in Denmark as illustrated by varved clay and eskers. *Journal of Geology*, 39 (7) : 609-624.
- Aneblom, T. et Persson, G., 1979. Studies of the variations in water content in the unsaturated zone of an esker. *Nordic Hydrology*, 10 (1) : 1-6.
- Arvela, H., Voutilainen, A. et Rosenberg, A., 1994. High indoor radon variation and the thermal behavior of eskers. *Health Physics*, 67 (3) : 254-260.
- Åse, L.-E., 1988. The ancient shorelines of the Heby-esker, county of Västmanland, southern Sweden ; A preliminary study. *Geografiska Annaler, section A*, 70 (1-2) : 69-79.
- 1991. The ancient shorelines of the Järlåsa esker, province of Uppland, southern Sweden ; A preliminary study. *Geografiska Annaler, section A*, 73 (3-4) : 147-153.
- Åse, L.-E. et Bergström, E., 1982. The ancient shorelines of the Uppsala esker around Uppsala and the shore displacement. *Geografiska Annaler, section A*, 64 (3-4) : 229-244.
- 1984. The ancient shorelines of the Enköping esker, Mälars valley, southern Sweden. *Geografiska Annaler, section A*, 66 (1-2) : 131-149.
- Ashley, G. M., Boothroyd, J. C. et Borns, H. W. Jr, 1990. Deglacial fluvial/fan/delta deposits of eastern Maine : Implications for an integrated meltwater system beneath the Laurentide ice sheet. *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, 22 (2) : 2-3.
- 1991. Sedimentology of late Pleistocene (Laurentide) deglacial-phase deposits, eastern Maine ; An example of a temperate marine grounded ice-sheet margin, p. 107-125. *In* J. B. Anderson et G. M. Ashley, édit., *Glacial marine sedimentation ; Paleoclimate significance*. Geological Society of America, Special Paper 261.
- Ashley, G. M. et Warren, W. P., 1993. Origins of the ice-contact ridges (eskers) of Ireland. *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, 25 (6) : 157-158.
- Auton, C. A., 1992. Scottish landform examples — 6. The Flemington eskers. *Scottish Geographical Magazine*, 108 (3) : 190-196.
- Aylsworth, J. M. et Shilts, W. W., 1989. Glacial features around the Keewatin ice divide, districts of Mackenzie and Keewatin. *Geological Survey of Canada, Paper* 88-24, 21 p.
- Baker, C. L., 1981. Stratigraphy and sedimentation in the Munro esker, east of Kirkland Lake, districts of Cochrane and Timiskaming. *Ontario Geological Survey, Miscellaneous Paper* 100 : 128-130.
- 1982a. Report on the sedimentology and provenance of sediments in eskers in the Kirkland Lake area, and on the finding of kimberlite float in Gauthier township. *Ontario Geological Survey, Miscellaneous Paper* 106 : 125-127.
- 1982b. Sedimentology of the Munro esker, Kirkland Lake, Ontario ; Implication for drift prospecting. *Geological Association of Canada and Mineralogical Association of Canada (GAC-MAC), Joint Annual Meeting, Winnipeg, Program with Abstracts*, 7 : 37.
- Ballaron, P. B., 1979. A stratigraphic and sedimentologic study of NW-directed paleoflow in the Alton-Lagrange esker, Maine. *Thèse de M.Sc., University of Maine, Orono*, 122 p.
- Banerjee, I., 1969. Sedimentology of an esker north of Peterborough, Ontario, p. 61-62. *In* Report of Activities, Geological Survey of Canada, Paper 69-1B.
- Banerjee, I. et McDonald, B. C., 1975. Nature of esker sedimentation, p. 132-154. *In* A. V. Jopling et B. C. McDonald, édit., *Glaciofluvial and*

- Glaciolacustrine Sedimentation. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 23.
- Beaumier, M., LaSalle, P., LaSalle, Y. et Warren, B., 1993. Minéraux indicateurs de la kimberlite dans les eskers du nord-ouest québécois. Ministère de l'Énergie et des Ressources, MB 93-60, 1 carte.
- Bergdahl, A., 1953. Marginal deposits in south-eastern Sweden, with special reference to the eskers. Lund Studies in Geography, serie A, Physical Geography 4, 24 p.
- Bolduc, A. M., 1990. Dispersion, dans les sédiments glaciaires et fluvioglaciaires, des débris en provenance du granite hyperalcalin de Strange Lake, Labrador, p. 108-138. In Application de la géologie du Quaternaire à l'exploration minière, Association professionnelle des géologues et géophysiciens du Québec (APGGQ), cours intensif, mars 1990, Québec.
- 1992. The formation of eskers based on their morphology, stratigraphy, and lithologic composition, Labrador, Canada. Thèse de Ph.D., Lehigh University, Bethlehem (PA), 159 p.
- Bolduc, A. M., Klassen, R. A. et Evenson, E. B., 1987. Cobble lithologies in eskers of central Labrador, p. 43-51. In Current Research, Geological Survey of Canada, Paper 87-1A.
- Bolduc, A. M., Evenson, E. B. et Klassen, R. A., 1988. Transport distances of coarse debris during esker formation: An insight from eskers in Labrador. Geological Association of Canada, Mineralogical Association of Canada and Canadian Society of Petroleum Geologists (GAC-MAC), joint annual meeting, St. John's, Newfoundland, Program with Abstracts, 13 : A12.
- Bolduc, A. M., Klassen, R. A. et Evenson, E. B., 1989. Glacial and fluvioglacial transport of peralkaline debris, lac Brisson esker. Geological Association of Canada and Mineralogical Association of Canada (GAC-MAC), annual meeting, Montréal, Program with Abstracts, 14 : 131.
- 1990. Les eskers au Labrador, témoins des changements rapides d'environnement associés à la déglaciation. Canadian Quaternary Association — American Quaternary Association, First Joint Meeting, Waterloo, Ontario, p. 14.
- Borns, H. W., 1979. Eskers in Maine. Maine Critical Areas Program, Planning Report 67, 43 p.
- Brennand, T. A., 1993. Laurentide meltwater systems: Geomorphic and sedimentary evidence. Thèse de Ph.D., University of Alberta, 292 p.
- 1994. Macroforms, large bedforms and rhythmic sedimentary sequences in subglacial eskers, south-central Ontario: Implications for esker genesis and meltwater regime. Sedimentary Geology, 91 (1-4) : 9-55.
- Brennand, T. A. et Sharpe, D. R., 1993. Ice-sheet dynamics and subglacial meltwater regime inferred from form and sedimentology of glaciofluvial systems: Victoria Island, district of Franklin, Northwest Territories. Canadian Journal of Earth Sciences, 30 (5) : 928-944.
- Brennand, T. A. et Shaw, J. R., 1994. Tunnel channels and associated landforms, south-central Ontario: Their implications for ice-sheet hydrology. Canadian Journal of Earth Sciences, 31 (3) : 505-522.
- Brown, T. R., 1988. Eskers and heavy mineral prospecting, northeastern Minnesota. Thèse de M.Sc., University of Minnesota, Duluth, 103 p.
- Brown, Y. et Stea, R. R., 1987. Eskers of Nova Scotia, p. 159-163. In J. L. Bates et D. R. McDonald, édit., Nova Scotia Department of Mines and Energy, Mines and Minerals Branch, Report of Activities, part A.
- Buck, S., 1982. A study of the Tweed Esker. Thèse de B.Sc., Brock University, St. Catharines, 83 p.
- Buraczynski, J. et Superson, J., 1992. Eskers and kames of Hrubieszow Basin (Lublin upland). Kwartalnik Geologiczny, 36 (3) : 361-374.
- Cachau-Hereillat, F. et LaSalle, P., 1969. Essai de mise au point de méthodes de prospection géochimique utilisant des formations superficielles anciennes: les eskers. Ministère de l'Énergie et des Ressources, DP-125, 83 p.
- 1971. The utilization of eskers as ancient hydrographic networks for geochemical prospecting in glaciated areas, p. 121. In R. W. Boyle et J. I. McGerrigle, édit., Geochemical exploration. Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Special Volume 11.
- Caldwell, D. W., 1980. Eskers in the Androscoggin River valley follow buried bedrock valleys, in central Maine. Geological Society of America, Abstracts with Programs, 12 (2) : 27.
- Caswell, B., 1988. Esker aquifers. Water Well Journal, 42 (7) : 36-37.
- Catto, N. R., 1990. Esker sedimentation in the Placentia-Colinet region, Avalon Peninsula, Newfoundland, p. 16. In Canadian Quaternary Association — American Quaternary Association, First Joint Meeting, Waterloo, Ontario.
- Chabot, G., 1949. Un élément du paysage nordique: les ôs, p. 3-12. In Livre jubilaire offert à Maurice Zimmermann, professeur honoraire de géographie à l'Université de Lyon.
- Chadwick, G. H., 1928. Adirondack eskers. Geological Society of America Bulletin, 39 (4) : 923-930.
- 1931. Eskers of central New York. Geological Society of America Bulletin, 42 (1) : 199.
- Chalmers, R., 1886. The kames and terraces of New Brunswick. Read before the New Brunswick Natural History Society. St. John, 7 p.
- Chamberlin, T. C., 1893. The horizon of drumlin, osar and kame formation. Journal of Geology, 1 (3) : 255-267.
- Charlesworth, J. K., 1957. Eskers, p. 415-434. In The Quaternary Era, with special reference to its glaciation. Edward Arnold, London.
- Cheel, R. J., 1982. The depositional history of an esker near Ottawa, Canada. Canadian Journal of Earth Sciences, 19 (7) : 1417-1427.
- Cheel, R. J. et Rust, B. R., 1982. Coarse grained facies of glacio-marine deposits near Ottawa, Canada, p. 279-295. In W. Nickling, B. D. Fahey et R. Davidson-Arnott, édit., Research in glacial, glacio-fluvial and glacio-lacustrine systems. Proceedings of the 6th Guelph Symposium on Geomorphology, 1980, Ontario.
- Christian, K. W., 1986. Sedimentology of a portion of the Munro esker complex. Ontario Geological Survey, Miscellaneous Paper 132 : 431-432.
- 1988. The Munro esker complex: Ice-contact sedimentation within a bedrock valley. Thèse de M.Sc., Queen's University, Kingston, 216 p.
- Christiansen, E. A., 1987. Verendrye valley and the Glidden esker, Saskatchewan: Subglacial and ice-walled features in southwestern Saskatchewan, Canada. Canadian Journal of Earth Sciences, 24 (1) : 170-176.
- Clapp, F. G., 1904. Relations of gravel deposits in the northern part of glacial Lake Charles, Massachusetts. Journal of Geology, 12 : 198-214.
- Clark, P. U. et Walder, J. S., 1994. Subglacial drainage, eskers, and deforming beds beneath the Laurentide and Eurasian ice sheets. Geological Society of America Bulletin, 106 (2) : 304-314.
- Clinch, J. M. et Weddle, T. K., 1989. The beaded nature of the Katahdin esker system near Medway, Maine, and implications for glacial retreat in Maine. Geological Society of America, Abstracts with Programs, 21 (2) : 9.
- Close, M. H., 1867. Notes on the general glaciation of Ireland. Journal of Royal Geological Society of Ireland, 1 : 207-242.
- Comstock, F. M., 1903. A small esker in western New York. The American Geologist, 32 : 12-14.
- Coupland, D. H. et Mayewski, P. A., 1980. An example of eskers formed in stagnant ice. Northeastern Geology, 2 (1) : 7-12.
- Craig, B. G., 1964. Surficial geology of east-central district of Mackenzie. Geological Survey of Canada, Bulletin 99, 41 p.
- Croot, D. G., 1973. The morphology and evolution of an esker in Spitsbergen. Arbok Nor Polarinst., p. 237-239.
- Crosby, W. O., 1902. The origin of eskers. Proceedings of the Boston Society of Natural History, 30 : 375-411.
- Culver, G. E., 1895. Some New Jersey eskers. Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters, 10 : 19-23.

- Dana, J. D., 1881. On the relation of the so-called « Kames » of the Connecticut River Valley to the terrace-formation. *American Journal of Science*, 22 : 451-468.
- Davies, G. L., 1970. Early discoverers XXVIII; Richard Prior's 1699 description of an Irish esker. *Journal of Glaciology*, 9 (55) : 147-148.
- Davis, R. A. Jr et Mallett, C. W., 1981. Sedimentation in a Permian subglacial channel. *Journal of Sedimentary Petrology*, 51 (1) : 185-190.
- Davis, W. M., 1890. Structure and origin of glacial sand plains. *Geological Society of America Bulletin*, 1 : 195-202.
- 1892. The subglacial origin of certain eskers. *Proceedings of the Boston Society of Natural History*, 25 : 477-499.
- De Geer, G., 1897. Om rullstensåsarnas bildningssätt. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, 19 (5) : 366-388.
- De Geer, J., 1968. Some hydrogeological aspects on aquifers, especially eskers, p. 73-87. In E. Eriksson, Y. Gustafsson et K. Nilsson, édit., *Ground Water Problems*. Pergamon Press, New York.
- Denny, C. S., 1972. The Ingraham esker, Chazy, New York. United States Geological Survey, Professional Paper 800-B : 35-41.
- Deynoux, M., 1980. Les formations glaciaires du Précambrien terminal et de la fin de l'Ordovicien en Afrique de l'Ouest : deux exemples de glaciation d'inlandsis sur une plate-forme stable. Thèse de doctorat d'État, Université Aix-Marseille, Travaux des laboratoires des sciences de la Terre, Saint-Jérôme, 554 p.
- Diemer, J. A., 1988. Subaqueous outwash deposits in the Ingraham ridge, Chazy, New York. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 25 (9) : 1384-1396.
- Dredge, L. A., 1981. Trace elements in till and esker sediments in northwestern Manitoba, p. 377-381. In *Current Research*, Geological Survey of Canada, Paper 81-1A.
- Dressie, Z., 1984. Estimation of groundwater recharge in esker formations using the 3H-tagging and the water balance methods : Study of soil moisture movement. University of Uppsala, Department of Physical Geography, Hydrological Division, Report Series A, 2, 141 p.
- Drewry, G. D., 1986. *Glacial geologic processes*. Edward Arnold, London, 276 p.
- Dryer, C. R., 1901. Certain peculiar eskers and esker lakes of northeastern Indiana. *Journal of Geology*, 9 (2) : 123-129.
- Dubois, J.-M. M., 1972. Sur la position des eskers dans les Cantons de l'Est, Province de Québec. *Géoscope*, 3 (2) : 1-17.
- Edwards, W. A. D., 1972. A study of Gabbro esker, Labrador. Thèse de B.Sc., Brock University, St. Catharines, 46 p.
- 1978. A study of the formation of several glaciofluvial systems in southeastern Ontario by clast analysis. Thèse de M.Sc., University of Western Ontario, London, 205 p.
- Embleton, C. et King, C. A. M., 1968. Fluvio-glacial ice-contact features : Eskers and kames, p. 368-391. In *Glacial and periglacial geomorphology*. Edward Arnold, London, 608 p.
- Erickson, R. L., 1948. A petrographical investigation of the longitudinal deposition within the Mason esker relative to its origin. Thèse de M.Sc., University of Michigan, 39 p.
- Eriksson, E., 1970. Cross-spectrum analysis of groundwater levels in an esker. *Nordic Hydrology*, 1 (4) : 245-259.
- Farnsworth, R. L. et Konecki, T. J. Z., 1981. Ellis river and Barker Brook esker system, central Maine. *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, 13 (3) : 132.
- Farrington, A. et Synge, F. M., 1970. The eskers of the Tullamore district, p. 49-52. In N. Stephens et R. E. Glasscock, édit., *Irish Geographical Studies*. Queen's University, Belfast.
- Fernandez, R. L., 1987. Depositional environment of the northern element of the Wyandot esker, north-central Ohio. *The Ohio Journal of Science*, 87 (2) : 9.
- Fitzsimons, S. J., 1991. Supraglacial eskers in Antarctica. *Geomorphology*, 4 (3-4) : 293-299.
- Fleeger, G. M., 1986. The West Liberty esker. *Pennsylvania Geology*, 17 (1) : 7-9.
- Flint, R. F., 1928. Eskers and crevasse fillings. *American Journal of Science*, 15 : 410-416.
- 1930. The origin of the Irish « eskers ». *Geographical Review*, 20 (4) : 615-630.
- 1932. Eskers and the last ice sheet in Denmark. *American Journal of Science*, 23 (136) : 369-371 [Commentaires de R. F. Flint sur l'article de S. A. Andersen, 1931b].
- 1971. Ice-disintegration features, p. 207-222. In *Glacial and Quaternary Geology*. John Wiley and Sons, New York, 892 p.
- Frakes, L. A., DeFigueiredo F. P. M. et Fulfaro, V., 1968. Possible fossil eskers and associated features from the Paraná basin, Brazil. *Journal of Sedimentary Petrology*, 38 (1) : 5-12.
- Francis, E. A., 1975. Glacial sediments : A selective review, p. 43-68. In A. E. Wright et F. Moseley, édit., *Ice Ages : Ancient and Modern*. Seel House Press, Liverpool.
- 1984. Eskers. *Quaternary Newsletter*, 44 : 45-46.
- Fyles, J. G., 1967. Eskers west of Hudson Bay in districts of Keewatin and Mackenzie, p. 25. In *Report of Activities*, Geological Survey of Canada, Paper 67-1A.
- Gagné, R. M. et Hobson, G. D., 1970. A hammer seismic survey of an esker north of Peterborough, Ontario, p. 91-99. In *Report of Activities*, Geological Survey of Canada, Paper 70-1B.
- Garbutt, M. D., 1990. Full and open conduit sedimentation within a large scale esker system in south western Finland. *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, 22 (2) : 19.
- Geddes, R. S., 1974. The North Dorchester esker, east of London. Thèse de baccalauréat, University of Western Ontario, London, 78 p.
- Gerloff, L. M., Maeder, M. M. et Cotter, J. F. P., 1992. The Tunnel Valley eskers of the Alexandria moraine complex, west-central Minnesota. *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, 24 (4) : 16.
- Gifford, J. D., 1941. Glacial drainage in the Kosoag quadrangle, New York, as indicated by eskers. Thèse de M.Sc., University of Oklahoma, 83 p.
- Giles, A. W., 1910. Eskers of western New York. Thèse de M.Sc., University of Rochester, New York, 44 p.
- 1918. Eskers in the vicinity of Rochester, New York. *Proceedings of the Rochester Academy of Science*, 5 : 161-240.
- Gillberg, G., 1968. Lithological distribution and homogeneity of glaciofluvial material. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, 90 (533) : 189-204.
- Glückert, G. et Kontturi, O., 1972. On esker formations in Nousiainen, SW-Finland. *Geological Society of Finland, Bulletin* 44, part 1, 7 p.
- Goldthwait, L., 1939. Esker chains of the Attleboro, Massachusetts, district. *American Journal of Science*, 237 (2) : 110-115.
- Goldthwait, R. P., 1967. Pine river esker system, New Hampshire. *Geological Society of America, Special Papers Abstracts* 115 : 267.
- Gorrell, G. et Shaw, J., 1991. Deposition in an esker, bead and fan complex, Lanark, Ontario, Canada. *Sedimentary Geology*, 72 (3-4) : 285-314.
- Granö, O., 1958. The Vessö esker in southern Finland and its economic importance. *Fennia*, 82 (1) : 1-33.
- 1970. Redeposition of glacio-fluvial sediments on an emerging coast. *International Geographical Congress*, 21 (1) : 66-67.
- 1977. The effect of the sea on the eskers of an emerging coast in southern Finland. *Baltica*, 6 : 11-16.
- 1981. An emerging esker in southern Finland. *Geografiska Annaler*, section A, 63 (3-4) : 293-301.
- Gray, J. M., 1988. Glaciofluvial channels below the Blakeney esker, Norfolk. *Quaternary Newsletter*, 55 : 9-12.

- 1991. Glaciofluvial landforms, p. 443-454. In J. Ehlers, P. L. Gibbard et J. Rose, édit., *Glacial deposits in Great Britain and Ireland*. A. A. Balkema, Rotterdam.
- Gregory, J. W., 1912. The relations of kames and eskers. *The Geographical Journal*, 40 (2) : 169-175.
- 1920. The Irish eskers. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, B, 210 : 115-151.
- 1922. The English « eskers », their structure and distribution. *Geological Magazine*, 59 : 25-44.
- Gunn, D. W., 1961. The relationship of grain size and morphological characteristics in some Maine eskers as a guide to construction material sources. Thèse de M.Sc., University of Minnesota, Minneapolis.
- Gustafson, G., 1978. Studies of the hydrogeology of subaqueous eskers. Thèse de Ph.D., Göteborg University, 125 p.
- 1982. Langholmen-Bank recharge to an esker aquifer in Sweden. *Bulletin of German Association for Water Resources and Land Improvement*, 1 (11) : 155-169.
- Gustavson, T. C. et Boothroyd, J. C., 1982. Subglacial fluvial erosion : A major source of stratified drift, Malaspina glacier, Alaska, p. 93-116. In R. Davidson-Arnott, W. Nickling et B. D. Fahey, édit., *Research in glacial, glacio-fluvial and glacio-lacustrine systems*. Proceedings of the 6th Guelph Symposium on Geomorphology, 1980, Ontario.
- Hall, J. C. et Hartshorn, J. H., 1985. Some observations on a dynamic model of water conducting tunnels in glaciers, with some implications for eskers. *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, 17 (1) : 22.
- Hanson, G. F., 1943. A contribution to experimental geology : The origin of eskers. *American Journal of Science*, 241 (7) : 447-452.
- Hard, H. A., 1913. A system of eskers and kames in eastern Barnes Co., N. Dak., p. 39-43. In *North Dakota Agricultural College, 6th Biennial Report*.
- Härme, M., 1961. On the fault lines in Finland. *Geological Survey of Finland, Bulletin 196* : 437-444.
- Hartshorn, J. H., 1952. Superglacial and proglacial geology of the Malaspina Glacier, Alaska, and its bearing on glacial features of New England. *Geological Society of America Bulletin*, 63 : 1259-1260.
- Heath, A. J., 1988. Gravel compositional trends within tills and eskers, northwestern Ontario. Thèse de B.Sc., University of Waterloo, 91 p.
- Hebrand, M. et Åmark, M., 1989. Esker formation and glacier dynamics in eastern Skåne and adjacent areas, southern Sweden. *Boreas*, 18 (1) : 67-81.
- Hellaakoski, A., 1930. On the transportation of materials in the esker of Laitila. *Fennia*, 52 (7) : 1-41.
- Henderson, E. P., 1959. A glacial study of central Quebec-Labrador. *Geological Survey of Canada, Bulletin 50*, 94 p.
- Henderson, P. J., 1988. Sedimentation in an esker system influenced by bedrock topography near Kingston, Ontario. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 25 (7) : 987-999.
- Hershey, O. H., 1897. Eskers indicating stages of glacial recession in the Kansas Epoch in northern Illinois. *The American Geologist*, 19 : 197-209, 237-253.
- Hobson, G. D. et Lee, H. A., 1967. Thickness of drift, Lebel, Gauthier, Boston and McElroy townships, Ontario. *Geological Survey of Canada, Map 11-1967*.
- Hoffmann, M. L. et Cotter, J., 1989. The origin of two tunnel valley eskers in west-central Minnesota. *Journal of the Minnesota Academy of Science*, 54 (3) : 20.
- Holko, J. et Liukkonen, S., 1993. Radon diffusion in model tests on Finnish esker and till soils. *Health Physics*, 64 (2) : 132-140.
- Holmes, C. D., 1947. Kames. *American Journal of Science*, 245 (4) : 240-249.
- Holmes, T. V., 1883. On eskers or kames. *The Geological Magazine*, 10 : 438-445.
- Holst, N. O., 1876-77. *Om de glaciala rullstensåsarne*. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, 3 (31) : 97-112.
- Hooke, R. L., 1984. On the role of mechanical energy in maintaining subglacial water conduits at atmospheric pressure. *Journal of Glaciology*, 30 (105) : 180-187.
- Hoppe, G., 1961. The continuation of the Uppsala esker in the Bothnian sea and ice recession in the Gävle area. *Geografiska Annaler, section A*, 43 (3-4) : 329-335.
- Howarth, P. J., 1966. An esker, Breidamerkurjökull, Iceland, p. 6-9. In E. M. Bridge et R. J. Price, édit., *Deglaciation. The Institute of British Geographers, Geomorphological Symposium*, St. Andrews, January 1966.
- 1971. Investigations of two eskers at eastern Breidamerkurjökull, Iceland. *Arctic and Alpine Research*, 3 (4) : 305-318.
- Huddart, D. et Lister, H., 1981. The origin of ice marginal terraces and contact ridges of East Kangerdluarssuk glacier, SW Greenland. *Geografiska Annaler, section A*, 63 (1-2) : 31-39.
- Hummel, D., 1874. *Om rullstensbildningar*. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens, Handlingar*, 2 (11) : 1-36.
- Hutri, K.-L. et Makelainen, I., 1993. Indoor radon in houses built on gravel and sand deposits in southern Finland, *Bulletin of the Geological Society of Finland*, 65 (1) : 49-58.
- Iisalo, E., 1992. Observations on the stratigraphy of Weichselian tills and subglacial eskers in central Ostrobothnia. *Geological Survey of Finland, Report of Investigation 112*, 42 p.
- Ives, J. D., 1967. Glacier terminal and lateral features in northeast Baffin Island : Illustrations with descriptive notes. *Geographical Bulletin*, 9 : 106-114.
- Jagger, T. A. Jr, 1912. Structure of esker fans experimentally studied. *Geological Society of America Bulletin*, 23 : 746.
- Jensen, J. P., 1988. Lateral accretion features (epsilon cross-bedding) and point bars in the Weichselian Koge esker, East-Jaelland, Denmark, p. 11-19. In *Geological Society of Denmark, Bulletin 37*.
- Jewtuchowicz, S., 1965. Description of eskers and kames in Gåshamnöyra and on Bungebreen, south of Hornsund, Vestspitsbergen. *Journal of Glaciology*, 5 (41) : 719-725.
- Johansson, C. E., 1965. Structural studies of sedimentary deposits ; Orientation analysis, literature digest, and field investigations. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, 87 (520) : 3-61.
- Johansson, P., 1994. The subglacially engorged eskers in the Lutto River Basin, northeastern Finnish Lapland, p. 89-94. In W. P. Warren et D. G. Croot, édit., *Formation and deformation of glacial deposits*. A. A. Balkema, Rotterdam.
- Kaitanen, V. et Ström, O., 1978. Shape development of sandstone cobbles associated with the Säkylä-Mellilä esker, southwest Finland. *Fennia*, 155 : 23-67.
- Kargel, J. S., 1993. Geomorphic processes in the Argyre-Dorsa Argentea region of Mars. *Proceedings of the Lunar and Planetary Science Conference, Houston*, 24 : 753-754.
- Kargel, J. S. et Strom, R. G., 1991. Terrestrial glacial eskers ; Analogs for Martian sinuous ridges. *Proceedings of the Lunar and Planetary Science Conference, Houston*, 22 : 683-684.
- 1992. *Ancient glaciation on Mars*. *Geology*, 20 (1) : 3-7.
- Karrow, P. F., Harrison, W. et Sanderson, H. C., 1977. Reworked middle Wisconsinan (?) plant fossils from the Brampton esker, southern Ontario. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 14 (3) : 426-430.
- Kay, J. et Kay, P., 1976. On Arctic eskers. *Nature Canada*, 5(3) : 33-37.
- Kehoe, K. M., 1982. The Belgrade-esker/delta complex. Maine Critical Areas program, Planning Report 68, 34 p.
- Kennedy, J. F., 1963. The mechanics of dunes and antidunes in erodible-bed channels. *Journal of Fluid Mechanics*, 16 (4) : 521-544.
- Kinahan, G. H., 1864. The eskers of the central plain of Ireland. *The Dublin Quarterly Journal of Science*, 4 : 109-112.

- 1875. Åsar, eskers, or kaims. *The Geological Magazine*, 2 (2) : 86-87.
- 1885. On the use of the term Esker or Kam Drift. *American Journal of Science*, 3 (29) : 135-137.
- King, C. A. M. et Buckley, J. T., 1969. Geomorphological investigations in west-central Baffin Island, N.W.T., Canada. *Arctic and Alpine Research*, 1 (2) : 105-119.
- King, G. S., 1993. Eskers as an aid to the understanding of deglaciation in the northern Adirondacks. *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, 25 (2) : 29.
- Königsson, L.-K., 1976. Palaeozoic limestone boulders in glaciofluvial material west of the Cambro-Ordovician area in south-eastern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Föreläsningar*, 98 (3) : 286-288.
- Kontturi, O., 1990. Finnish eskers. *Naturopa*, 65 : 28-31.
- Korsman, K. et Perttunen, M., 1989. Chemical composition of the garnets in glaciofluvial deposits and tracing the source areas. *Geological Survey of Finland, Special Paper 7* : 67-72.
- Koteff, C., 1984. Debris source for meltwater deposits in New England. *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, 16 (1) : 28.
- Koteff, C. et Pessl, F. Jr, 1981. Systematic ice retreat in New England. *United States Geological Survey, Professional Paper 1179*, 20 p.
- Kueffner, M. H. E., 1940. Eskers. Thèse de M.Sc., University Carleton, Ottawa, 70 p.
- Kune, J., 1966. The Dahlen eskers of Grand Forks and Walsh Counties. North Dakota. *Proceedings of the North Dakota Academy of Sciences*, 20 : 119-124.
- Lahee, F. H., 1908. A fault in an esker. *Science*, 28 (723) : 654-655.
- Lang, J., Yahaya, M., El Hamet, M. O., Besombes, J. C. et Cazoulat, M., 1991. Dépôts glaciaires du Carbonifère inférieur à l'Ouest de l'Aïr (Niger). *Geologische Rundschau*, 80 (3) : 611-622.
- Larson, G. J. et Melia, M., 1977. Drainage of stagnant glacier ice and its control on the development of ice-stratified deposits. *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, 9 (7) : 1066.
- LaSalle, P. et Warren, B., 1968. Distribution des eskers en Abitibi. *Ministère de l'Énergie et des Ressources, DP-135*, 7 p.
- LaSalle, P., Chauvin, L., Martineau, G. et Warren, B., 1977. Mercure dans les eskers de l'Abitibi. *Ministère des Richesses naturelles, DPV-492*, 9 p.
- LaSalle, P., Warren, B. et LaSalle, Y.R., 1976. Minéralogie de l'esker de Matagami : présence de l'heazlewoodite et de l'awaruite. *Ministère des Richesses naturelles du Québec, DP-350*, 7 p.
- 1986. Eskers de l'Abitibi : minéralogie et géochimie. *Ministère de l'Énergie et des Ressources, MB 86-42A*, 55 p.
- Lawson, D. E., 1979. Sedimentological analysis of the western terminus region of the Matanuska Glacier, Alaska. *Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Report 79-9*, 112 p.
- Lee, H. A., 1965. Investigation of eskers for mineral exploration. *Geological Survey of Canada, Paper 65-14*, 17 p.
- 1968a. An Ontario kimberlite occurrence discovered by application of the glaciofocus method to a study of the Munro esker. *Geological Survey of Canada, Paper 68-7*, 3 p.
- 1968b. Glaciofocus and the Munro esker of northern Ontario, p. 173. *In Report of Activities, Geological Survey of Canada, Paper 68-1A*.
- Levasseur, D., 1993. Les eskers de la région de Chapais (Québec) : caractéristiques générales et dispersion fluvioglaciaire clastique des éléments grossiers. *Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Montréal*, 139 p.
- Levasseur, D. et Prichonnet, G., 1995. La dispersion clastique des débris rocheux dans les eskers et le till adjacent de la région de Chapais-Chibougamau (Québec) au Wisconsinien supérieur. *Revue canadienne des sciences de la Terre*, 32(5) : 590-602.
- Leverett, F., 1902. Glacial formations and drainage features of the Erie and Ohio basins. *United States Geological Survey, Monograph 41*, 802 p.
- Lewis, W. V., 1949. An esker in process of formation : Böverbreen, Jotunheimen, 1947. *Journal of Glaciology*, 1 (6) : 314-319.
- Leyland, W. J., 1979. An investigation of two eskers in the Chatsworth, Ontario area. Thèse de baccalauréat, University of Western Ontario, London, 121 p.
- Lilliesköld, M., 1990. Lithology and transport distance of glaciofluvial material, p. 151-164. *In R. Kujansuu et M. Saarnisto, édit., Glacial indicator tracing. A. A. Balkema, Rotterdam*.
- Lind, F., 1984. Facies types and environment of a glaciofluvial esker with interbedded redeposited interglacial sediment. *International Geological Congress, 27th session, Moscou, IX, part 2* : 101.
- Lindström, E., 1985. The Uppsala esker : The Åsby-Drälinge exposures. *Striae*, 22 : 27-32.
- 1987. Esker formation in Sweden. *International Union for Quaternary Research (INQUA), XII^e congrès, Ottawa, Program with Abstracts*, p. 212.
- 1993. Esker enlargements in northern Sweden. *Geografiska Annaler, section A*, 75 (3) : 95-110.
- Lobanov, I. N., 1967. Structure and lithology of an esker ridge near Kuznechnaya station on the Karel'skii isthmus. *Lithology and Mineral Resources*, 4 : 462-468.
- Lougee, R. J., 1941. Association of fossiliferous clays and gravels upon eskers. *Geological Society of America Bulletin*, 52 (12) : 2017-2018.
- 1945. Wave modification of eskers in Maine. *Geological Society of America Bulletin*, 56 (12) : 1177.
- Lukert, M. T., 1962. The Kaneville Esker (Illinois). Thèse de M.Sc., University of Illinois, Urbana.
- Lukert, M. T. et Winters, H. A., 1965. The Kaneville esker, Kane County, Illinois. *Transactions of the Illinois Academy of Science*, 58 (1) : 3-10.
- Lundqvist, J., 1979. Morphogenetic classification of glaciofluvial deposits. *Sveriges Geologiska Undersökning, C 767*, 73 (8), 72 p.
- 1983. Glaciofluvial deposits in Sweden, p. 91-96. *In J. Ehlers, édit., Glacial deposits in north-west Europe. A. A. Balkema, Rotterdam*.
- Lundqvist, J., Clayton, L. et Mickelson, D. M., 1993. Deposition of the late Wisconsin Johnstown moraine, south-central Wisconsin. *Quaternary International*, 18 : 53-59.
- Mäkinen, K., 1985. On the Till-covered glaciofluvial formations in Finnish Lapland. *Striae*, 22 : 33-40.
- Mätki, E., 1979. Ground-water flow velocity as an indicator of the permeability and internal structure of eskers. *Finland Vesitutkimuslaitos, Julkaisuja* 32, 40 p.
- Mannerfelt, C. M.:son, 1945. Några glacialmorfologiska förhållanden och deras vittnesbörd om inlandsisens avsmältningssmekanik i svensk och norsk fjällterräng. *Geografiska Annaler*, 27 (1-2) : 1-239.
- 1981. Stagnation or activity in the last ice remnants ? *Geografiska Annaler, section A*, 63 (3-4) : 139-147.
- Martin, D. P. et Eng, M., 1985. Esker prospecting over the Duluth complex in northeastern Minnesota. *Minnesota Department of Natural Resources, Division of Minerals, Report 246*, 27 p.
- Matile, G., 1981. Stratigraphic investigations in the Birds Hill area, p. 107-110. *In Report of Field Activities, Manitoba Department of Energy and Mines*.
- Matisto, A., 1961. On the relation between the stones of the eskers and the local bedrock in the area northwest of Tampere, southwestern Finland. *Geological Survey of Finland, Bulletin* 193, 53 p.
- McBeth, W. A., 1905. An esker in Tippecanoe County, Ind. *Proceedings of the Indiana Academy of Science*, 15 : 45-46.
- McCallum, M. L., 1949. A petrographic investigation of vertical deposition within the Mason esker relative to its origin. Thèse de M.Sc., Michigan State University, 39 p.
- McDonald, B. C., 1969. Esker geology, district of Keewatin, p. 67-68. *In Report of Activities, Geological Survey of Canada, Paper 69-1A*.

- . 1971. Sedimentology and pebble transport in the Windsor esker, Quebec, p. 190-191. In Report of Activities, Geological Survey of Canada, Paper 71-1A.
- . 1972. Fluvial sedimentation associated with subglacial streams. Geological Society of America, 7th Annual Meeting, Buffalo, 4 (1): 31-32.
- McDonald, B. C. et Banerjee, I., 1970. Sedimentology of eskers near Peterborough, Ontario and Windsor, Quebec, p. 198-199. In Report of Activities, Geological Survey of Canada, Paper 70-1A.
- McDonald, B. C. et Shilts, W. W., 1975. Interpretation of faults in glaciofluvial sediments, p. 123-131. In A. V. Jopling et B. C. McDonald, édit., Glaciofluvial and Glaciolacustrine Sedimentation. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 23.
- McDonald, B. C. et Vincent, J.-S., 1972. Fluvial sedimentary structures formed experimentally in a pipe, and their implications for interpretation of subglacial sedimentary environments. Geological Survey of Canada, Paper 72-27, 30 p.
- McIntosh, D. S., 1927. Notes on an esker in the interior of Digby County, Nova Scotia. Proceedings and Transactions of the Nova Scotian Institute of Science, 16: 139-141.
- Meier, M. F., 1951. Recent eskers in the Wind River Mountains of Wyoming. Proceedings of the Iowa Academy of Science, 58: 291-294.
- Metzger, S. M., 1991. A survey of esker morphometries, the connection to New York State glaciation and criteria for melt-water channel deposits on the planet Mars. Geological Society of America, Abstracts with Programs, 23 (1): 104.
- . 1992. The eskers of New York State; Formation process implications and esker-like features on the planet Mars. Geological Society of America, Abstracts with Programs, 24 (3): 63.
- Michalska, Z., 1969. Problems of the origin of eskers based on the examples from central Poland. Geographia Polonica, 16: 105-119.
- . 1971. Origin of eskers, as exemplified by eskers of Middle Poland. Studia Geologica Polonica, 36: 144-152.
- Mickelson, D. M., 1972. Deposition of eskers during late stages of deglaciation. Geological Society of America, Abstracts with Programs, 4 (7): 595-596.
- Mikkola, E., 1932. On the physiography and late-glacial deposits in northern Lapland. Fennia, 57 (1): 1-88.
- Millis, J., 1914. What was the cause of the eskers? Science, 39 (997): 208-209.
- Morin, L. G., 1944. Le cabochon graveleur de l'île St-Bernard est-il un « mound »? Annales de l'ACFAS, 10: 82-83.
- Morse, W. C., 1907. The Columbus esker. The Ohio Naturalist, 7 (4): 63-72.
- Newberry, J. S., 1874. Kames, p. 41-46. In Report of the Geological Survey of Ohio. Vol. 2: Geology and paleontology, part 1.
- Nichols, R. L., 1936. New mechanism for the formation of kettle-holes and eskers. Proceedings of the Geological Society of America, June 1937, p. 403-404.
- Nichols, R. L. et Lord, G. S., 1937. Fossiliferous eskers and outwash plains. Proceedings of the Geological Society of America, June 1938, p. 324-325.
- Niemela, J. et Jungner, H., 1991. Thermoluminescence dating of late Pleistocene sediments related to till-covered eskers from Ostrobothnia, Finland. Geological Survey of Finland, Special Paper 12: 135-138.
- Niewiarowski, W. et Kitajgródzki, J., 1982. Grain size composition and abrasion of cobbles in esker and kame deposits occurring in the southern part of the Aavatsmarkbreen forefield on Oscar II Land, NW Spitsbergen. Acta Universitatis Nicolai Copernici, 16 (51): 45-61.
- Norman, G. W. H., 1938. The last Pleistocene ice-front in Chibougamau district, Quebec. Transactions of the Royal Society of Canada, section IV, 32: 69-86.
- O'Donnell, N. D., 1966. A study of the Marlbank esker near Marlbank, Ontario. Thèse de B.Sc., Queen's University, Kingston.
- Okko, V., 1945. Untersuchungen über den Mikkeli-Os. Fennia 69 (1): 1-55.
- . 1951. Ancient clay balls in Finnish eskers. Geological Survey of Finland, Bulletin 154: 127-135.
- . 1957. On the thermal behaviour of some Finnish eskers; A preliminary report. Fennia, 81 (5): 1-38.
- Onesti, L. J. et Hinze, W. J., 1970. Magnetic observations over eskers in Michigan. Geological Society of America Bulletin, 81 (11): 3453-3455.
- Osborne, F. F., 1950. Marine crevasse fillings in the Lotbinière region, Québec. American Journal of Science, 248 (12): 874-890.
- Paterson, W. S. B., 1981. The Physics of Glaciers. 2^e édition, Pergamon Press, New York, 380 p.
- Peltoniemi, H., Ericksson, B., Grönlund, T. et Saarnisto, M., 1989. Marjamurto, an interstadial site in a till-covered esker area of central Ostrobothnia, western Finland. Bulletin of the Geological Society of Finland, 61 (2): 209-237.
- Perkins, E. H., 1933. Origin of the Maine eskers. Proceedings of the Geological Society of America, June 1934, p. 453-454.
- Persson, T., 1974. Eskers, plateaux, terraces and other glaciofluvial forms in the southern and central parts of the South-Swedish Highlands. Geologiska Föreningens i Stockholm Föreläsningar, 96 (559): 411-419.
- Perttunen, M., 1989. Transportation of garnets in glaciofluvial deposits in southeastern Finland, p. 13-20. In R. N. W. Dilabio et W. B. Coker, édit., Drift Prospecting. Geological Survey of Canada, Paper 89-20.
- Perttunen, M. et Vartiainen, H., 1992. Glaciofluvial transport of clasts and heavy minerals from the Sokli carbonate complex, Finnish Lapland. Geological Survey of Finland, Bulletin 366, 21 p.
- Pessl, F. Jr et Frederick, J. E., 1981. Sediment source for melt-water deposits. Annals of Glaciology, 2: 92-96.
- Poirier, J., 1980. Étude de l'esker de Stoneham et de son milieu environnant. Thèse de baccalauréat, Université Laval, Québec, 84 p.
- Prest, V. K., Grant, D. R. et Rampton, V. N., 1968. Glacial map of Canada. Geological Survey of Canada, carte 1253-A, 1/5 000 000.
- Prest, W. H., 1919. On the nature and origin of the eskers of Nova Scotia. Proceedings and Transactions of the Nova Scotian Institute of Science, 14 (4): 371-393.
- . 1922. Esker excavation in Nova Scotia. Proceedings and Transactions of the Nova Scotian Institute of Science, 15, part 1: 33-45.
- Price, R. J., 1966. Eskers near the Casement Glacier, Alaska. Geografiska Annaler, section A, 48 (3): 111-125.
- . 1969. Moraines, sandar, kames and eskers near Breidamerkurjökull, Iceland. Transaction of the Institute of British Geographers, 46: 17-43.
- . 1973. Ice-contact fluvioglacial deposits, p. 139-171. In Glacial and fluvioglacial landforms. Oliver and Boyd, Edinburgh, 242 p.
- . 1987. Fluvioglacial features and esker formation near Casement Glacier, p. 94-98. In P. J. Anderson, R. P. Goldthwait et G. D. McKenzie, édit., Observed processes of glacial deposition in Glacier Bay, Alaska. Byrd Polar Research Center, Miscellaneous Publication 236.
- Prichonnet, G., 1984. Réévaluation des systèmes morainiques du sud du Québec (Wisconsinien supérieur). Commission géologique du Canada, Étude 83-29, 20 p.
- Radlowska, C., 1969. On the problematics of eskers. Geographia Polonica, 16: 87-103.
- Raukas, A., 1977. Ice-marginal formations and the main regularities of the deglaciation in Estonia. Zeitschrift für Geomorphologie, Supplement Band 27: 68-78.
- Reeves, J. R., 1920. The Anderson esker. American Journal of Science, 50 (295): 65-68.

- Reichert, S. O., 1935. A group of eskers south of Dayton. *Compass*, 15 (3) : 154-156.
- Repo, R., 1954. Om förhållandet mellan räfflor och asar. *Geologi*, 6 (5) : 45.
- Riedel, J. L., 1987. Chronology of late Holocene glacier recessions in the Cascade Range and deposition of a recent esker in a cirque basin, North Cascade Range, Washington. Thèse de M.Sc., University of Wisconsin-Madison, 93 p.
- Riedel, J. L., Fleming, A. H., English, C. et Mickelson, D. M., 1987. Deposition and preservation of eskers, burroughs and plateau glaciers, Glacier Bay, Alaska. *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, 19 (4) : 240.
- Ringrose, S., 1979. The sedimentology of esker deposits in Manitoba, with particular reference to coarse sediment deposition and implications for the late glacial history of Manitoba. Thèse de Ph.D., University of London, 395 p.
- 1982. Depositional processes in the development of eskers in Manitoba, p. 117-137. In R. Davidson-Arnott, W. Nickling et B. D. Fahey, édit., *Research in glacial, glacio-fluvial and glacio-lacustrine systems. Proceedings of the 6th Guelph Symposium on Geomorphology*, 1980, Ontario.
- Robison, J. M., 1983. Glaciofluvial sedimentation : A key to the deglaciation of the Laholm area, southern Sweden. Thèse de Ph.D., Lund University, 92 p.
- Rondot, J., 1982. L'esker du lac Berry. *Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec*, 19 p.
- Röthlisberger, H., 1972. Water pressure in intra- and subglacial channels. *Journal of Glaciology*, 11 (62) : 177-203.
- Russell, I. C., 1892a. Mt. St. Elias and its glaciers. *American Journal of Science*, 43 (255) : 169-182.
- 1892b. Origin of the gravel deposits beneath Muir glacier, Alaska. *The American Geologist*, 9 : 190-197.
- 1893. Malaspina Glacier. *Journal of Geology*, 1 (3) : 219-245.
- Rust, B. R., 1975. Fabric and structure in glaciofluvial gravels, p. 238-248. In A. V. Jopling and B. C. McDonald, édit., *Glaciofluvial and Glaciolacustrine Sedimentation. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 23*.
- 1977. Mass flow deposits in a Quaternary succession near Ottawa, Canada : Diagnostic criteria for subaqueous outwash. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 14 (2) : 175-184.
- 1986. Subaqueous outwash deposits of the Ottawa region, p. 14-15. In R. J. Fulton, édit., *Quaternary geology of the Ottawa region, Ontario and Quebec. Geological Survey of Canada, Paper 86-23*.
- 1987. Alluvions fluvio-glaciaires subaquatiques de la région de l'Outaouais, p. 27-29. In *Le Quaternaire de l'Outaouais et la description des excursions locales. International Union for Quaternary Research (INQUA), XII^e Congrès, Ottawa*.
- Rust, B. R. et Romanelli, R., 1975. Late Quaternary subaqueous outwash deposits near Ottawa, Canada, p. 177-192. In A. V. Jopling and B. C. McDonald, édit., *Glaciofluvial and Glaciolacustrine Sedimentation. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 23*.
- Ruszczynska-Szenajch, H., 1991. Sedimentary environments of glaciofluvial uplands and glaciofluvial crevasse fillings against the general background of other glacioaqueous environments. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 61 (1-2) : 3-35.
- St-Onge, D. A., 1984a. A preliminary evaluation of transport distance in an esker, p. 9. In *Current Activities Forum, Program with Abstracts, Geological Survey of Canada, Paper 84-8*.
- 1984b. Eskers in the Redrock Lake region, NWT, a possible prospecting tool, p. 39-45. In *Contributions to the Geology of the Northwest Territories*, 1.
- 1984c. Les eskers : outil de prospection minière. *GEOS*, 13 (3) : 14-17.
- 1984d. Surficial deposits of the Redrock Lake area, district of Mackenzie, p. 271-278. In *Current Research, Geological Survey of Canada, Paper 84-1A*.
- Sandefur, B. T., Erickson, R. L. et Schmitt, G. T., 1952. Petrographical and statistical investigation of deposition within a group of eskers in southern Michigan. *Geological Society of America Bulletin*, 63 (12) : 1294-1295.
- Sardeson, F. W., 1923. Minnesota eskers and sundry kames. *The Pan-American Geologist*, 40 (2) : 95-101.
- Saunderson, H. C., 1972. Facies associations in the Brampton esker, Ontario. *Geological Society of America, Northeastern Section, 7th Annual Meeting, Abstracts*, 4 (1) : 42.
- 1974. Eskerine sedimentation : An analysis of hypotheses and an empirical test. Thèse de Ph.D., University of Toronto, 260 p.
- 1975a. A comparison of empirical and theoretical frequency distributions for two-dimensional paleocurrent data from the Brampton esker and associated sediments. *Geografiska Annaler, section A*, 57 (3-4) : 189-200.
- 1975b. Sedimentology of the Brampton esker and its associated deposits : An empirical test of theory, p. 155-176. In A. V. Jopling et B. C. McDonald, édit., *Glaciofluvial and Glaciolacustrine Sedimentation. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 23*.
- 1976. Paleocurrent analysis of large-scale cross-stratification in the Brampton esker, Ontario. *Journal of Sedimentary Petrology*, 46 (4) : 761-769.
- 1977a. Grain size characteristics of sands from the Brampton esker. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 21 (1) : 44-56.
- 1977b. The sliding bed facies in esker sands and gravels : A criterion for full-pipe (tunnel) flow ? *Sedimentology*, 24 (5) : 623-638.
- 1978. Particle size sorting in subglacial eskers, p. 856. In A. D. Miall, édit., *Fluvial Sedimentology. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 5, First international Symposium on Fluvial Sedimentology*, 1977, Calgary, Alberta.
- 1982a. Bed form diagrams and the interpretation of eskers, p. 139-150. In R. Davidson-Arnott, W. Nickling et B. D. Fahey, édit., *Research in glacial, glacio-fluvial and glacio-lacustrine systems. Proceedings of the 6th Guelph Symposium on Geomorphology*, 1980, Ontario.
- 1982b. Stratified sediments in the Brampton esker, p. 81-85. In *International Association of Sedimentologists, Eleventh International Congress on Sedimentology*, McMaster University, Hamilton, Ontario.
- Saunderson, H. C. et Jopling, A. V., 1970. Glaciofluvial sedimentation of the Brampton esker, Ontario, p. 200-201. In *Report of Activities, Geological Survey of Canada, Paper 70-1A*.
- 1980. Palaeohydraulics of a tabular, cross-stratified sand in the Brampton esker, Ontario. *Sedimentary Geology*, 25 (3) : 169-188.
- Scheffel, E. R., 1908. An esker group south of Dayton, Ohio. *Bulletin of the Scientific Laboratories of Denison University*, 14 : 19-33.
- Schmied, H., 1985. Combined stack effect in houses and eskers explaining transients in radon source. *The Science of the Total Environment*, 45 : 195-201.
- Schmitt, G. T., 1949. A petrographic investigation of the relationship of deposition of sediments in a group of eskers related to the Charlotte till plain. Thèse de M.Sc., Michigan State University, 52 p.
- Sederholm, J. J., 1911. Les dépôts quaternaires de la Finlande. *Bulletin de la Commission géologique de Finlande*, 29 : 1-23.
- Shaler, N. S., 1884. On the origin of kames. *Proceedings of the Boston Society of Natural History*, 23 : 36-44.
- Sharp, R. P., 1953. Glacial features of Cook County, Minnesota. *American Journal of Science*, 251 (12) : 855-883.
- Sharpe, D. R., 1987. Glaciomarine fans built within and marginal to the Champlain sea, p. 63-74. In *Quaternary of the Ottawa region and guides for day excursions. International Union for Quaternary Research (INQUA), XII^e congrès, Ottawa*.

- 1988. Glaciomarine fan deposition in the Champlain Sea, p. 63-82. In N. R. Gadd, édit., *The late Quaternary development of the Champlain Sea basin*. Geological Association of Canada, Special Paper 35.
- Shaw, J., 1972. Sedimentation in the ice-contact environment, with examples from Shropshire (England). *Sedimentology*, 18 (1-2) : 23-62.
- Shilts, W. W., 1973. Drift prospecting ; Geochemistry of eskers and till in permanently frozen terrain : District of Keewatin, Northwest Territories. Geological Survey of Canada, Paper 72-45, 34 p.
- 1984. Esker sedimentation models, Deep Rose lake map area, district of Keewatin, p. 217-222. In *Current Research*, Geological Survey of Canada, Paper 84-1B.
- Shilts, W. W. et Aylsworth, J. M., 1989. Evolution of esker systems, Keewatin ice sheet. Geological Society of America, Annual Meeting, St. Louis, Missouri, 21 (6) : A55.
- Shilts, W. W. et McDonald, B. C., 1975. Dispersal of clasts and trace elements in the Windsor esker, southern Quebec, p. 495-499. In *Report of Activities*, Geological Survey of Canada, Paper 75-1A.
- Shreve, R. L., 1972. Movement of water in glaciers. *Journal of Glaciology*, 11 (62) : 205-214.
- 1984. Eskers of Maine : A model test case for calculation of a late-Wisconsinan ice-surface profile from esker paths and characteristics. Geological Society of America, Abstracts with Programs, 16 (1) : 63.
- 1985a. Esker characteristics in terms of glacier physics, Katahdin esker system, Maine. Geological Society of America Bulletin, 96 (5) : 639-646.
- 1985b. Late Wisconsin ice-surface profile calculated from esker paths and types, Katahdin esker system, Maine. *Quaternary Research*, 23 (1) : 27-37.
- Shulmeister, J., 1989. Flood deposits in the Tweed esker (southern Ontario, Canada). *Sedimentary Geology*, 65 (1-2) : 153-163.
- Sissons, J. B., 1961. A subglacial drainage system by the Tinto Hills, Lanarkshire. *Transactions of the Edinburgh Geological Society*, 18, part 2 : 175-193.
- Sklash, M. G. et Ibrahim, O. A., 1991. Hydrogeological implications of buried eskers in Essex County, Ontario ; Results from year 1. Ontario Geological Survey, Miscellaneous Paper, Report 156 : 131-145.
- Smith, J. E., 1922. A field of eskers in central Iowa. *Proceedings of the Iowa Academy of Science*, 27 : 180.
- Sollas, W. J., 1896. A map to show the distribution of eskers in Ireland. *Scientific Transactions of the Royal Dublin Society*, 5 (13) : 785-822.
- Sollid, J. L. et Carlson, A. B., 1984. De Geer moraines and eskers in Pasvik, north Norway. *Striae*, 20 : 55-61.
- Spooner, I. S. et Dalrymple, R. W., 1993. Sedimentary facies relationships in esker-ridge/esker fan complexes, southeastern Ontario, Canada : Application to the exploration for asphalt blending sand. *Quaternary International*, 20 : 81-92.
- Stoelting, P. K., 1970. A spatial analysis of the esker systems associated with the Kettle Moraine of southeastern Wisconsin. Thèse de M.A., University of Wisconsin, Milwaukee, 220 p.
- 1978. The concept of an esker, esker form, and esker form system in eastern Wisconsin. Thèse de Ph.D., University of Wisconsin, Milwaukee, 490 p.
- Stokes, J. C., 1958. An esker-like ridge in process of formation, Flåtisen, Norway. *Journal of Glaciology*, 3 (24) : 286-290.
- Stone, C., 1984. Down gradient dilution of ground water in a small esker-aquifer in central Maine. Geological Society of America, Abstracts with Programs, 16 (1) : 65.
- Stone, C. T., 1986. The hydrogeology of a small esker-aquifer in central Maine. Thèse de M.Sc., University of Maine, Orono, 114 p.
- Stone, G. H., 1880. The Kames or Eskers of Maine. *Proceedings of the American Association for the Advancement of Science*, 29 : 510-519.
- 1883. The Kame rivers of Maine. *Proceedings of the American Association for the Advancement of Science*, 32 : 234-237.
- 1893. The osar gravels of the coast of Maine. *Journal of Geology*, 1 (3) : 246-254.
- 1899. The glacial gravels of Maine and their associated deposits. United States Geological Survey, Monograph 34, 499 p.
- Storey, C. C., 1972. Structure and construction of a Pleistocene esker. Thèse de baccalauréat, McMaster University, Hamilton, 42 p.
- Strandmark, P. W., 1885. Om rullstensbildningarna och sättet, hvarpå de blifvit danade. *Läroverket Helsingborg läsåret*, p. 3-28.
- 1889. Om jökelfar och rullstensåsar. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, 11 (121) : 93-111.
- Stuiver, M., Denton, G. H., Hughes, T. J. et Fastook, J. L., 1981. History of the marine ice sheet in West Antarctica during the last glaciation : A working hypothesis, p. 319-436. In G. H. Denton et T. J. Hughes, édit., *The Last Great Ice Sheets*. Wiley & Sons, New York.
- Sugden, D. E. et John, B. S., 1985. Meltwater deposition, p. 318-336. In *Glaciers and Landscape, a geomorphological approach*. 5^e réimpression, 1976 (1^{re} édition), Edward Arnold, London, 376 p.
- Sutinen, R., 1985. On the subglacial sedimentation of hummocky moraines and eskers in northern Finland. *Striae*, 22 : 21-25.
- Suttner, L. J., 1967. Sedimentologic hypothesis for differentiation of eskers and crevasse fillings. Geological Society of America, Special Papers Abstracts 115 : 399.
- Synge, F. M., 1950. The glacial deposits around Trim, Co. Meath. *Proceedings of the Royal Irish Academy*, 53, B (10) : 99-110.
- Syverson, K. M., Gaffield, S. J. et Mickelson, D. M., 1994. Comparison of esker morphology and sedimentology with former ice-surface topography, Burroughs Glacier, Alaska. Geological Society of America Bulletin, 106 (9) : 1130-1142.
- Szupryczyński, J., 1965. Eskers and Kames in the Spitsbergen area. *Geographia Polonica*, 6 : 127-140.
- Tallman, A., 1971. Glacial geology of an esker complex in the Fourth of July valley, Atlin region, northern B. C., Canada. Michigan Academy of Science, Arts & Letters, Geology and Mineralogy Section, Program with Abstracts, 2 p.
- Tanner, V., 1928. The problems of an esker, Kollaz'jokk'gæcce in Petsamo, Lapland. *Fennia*, 50 (38) : 1-32.
- 1930. The problems of the eskers ; II- The Vacer esker, Inari, Lapland. Geological Society of Finland, Bulletin 92 : 33-39.
- 1932. The problems of the eskers ; III- The esker-like gravelridge of Cahpatoaiv, Lapland. *Fennia*, 55 (4) : 1-13.
- 1934a. The Kollaz'jokk'gæcce esker once more. *Fennia*, 60 (2) : 1-8.
- 1934b. The problems of the eskers ; IV- The glacio-fluvial formations of the Rasse'muetke valleys, Petsamo, Lapland : A geomorphological study of the origin and development of the shape and configuration of supra-aqueous deposited eskers. *Fennia*, 58 (1) : 1-118.
- 1936. Le mode de déposition des osar varie selon les conditions géographiques. *Congrès international de Géographie, Varsovie, 1934, comptes rendus*, 2 : 43-49.
- 1937. The problems of the eskers ; V- The Tälisvuom'puoltsha esker in Enontekis, Lapmark. *Fennia*, 63 (1) : 1-31.
- Terwindt, J. H. J. et Augustinus, P. G. E. F., 1985. Lateral and longitudinal successions in sedimentary structures in the Middle Mause esker, Scotland. *Sedimentary Geology*, 45 (3-4) : 161-188.
- Thomas, G. S. P., 1984. Sedimentation of a sub-aqueous esker-delta at Strathathie, Aberdeenshire. *Scottish Journal of Geology*, 20 (1) : 9-20.
- Thompson, J. D. Jr., 1914. The Locust Grove esker, Ohio. *Journal of the Scientific Laboratories of Denison University*, 17 : 395-398.
- Thompson, W. B., 1989. Glaciomarine deltaic sedimentation, Whitefield, Maine. Geological Society of America, Abstracts with Programs, 21 (2) : 71.

- Törnebohm, A. E., 1872. Några anmärkningar med anledning af Dr P. A. Levins uppsats « Tankar om de skandinaviska sandåsarnes bildning ». Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar, 1 (4) : 55-60.
- Trefethen, H. B., 1934. *Studies of origin of eskers in Maine*. Thèse de M.Sc., University of Wisconsin, Madison.
- Trefethen, J. M. et Harris, J. N., 1940. A fossiliferous esker-like deposit. *American Journal of Science*, 238 (6) : 408-412.
- Trefethen, J. M. et Trefethen, H. B., 1944. Lithology of the Kennebec valley eskers. *American Journal of Science*, 242 (10) : 521-527.
- Trowbridge, A. C., 1914. The formation of eskers. *Proceedings of the Iowa Academy of Science*, 21 : 211-218.
- 1946. Notes on Danish and Swedish glaciology. *Geological Society of America Bulletin*, 57 (12) : 1238-1239.
- Upham, W., 1876. On the origin of kames or eskers in New Hampshire. *Proceedings of the American Association for the Advancement of Science*, 25 : 216-225.
- 1893. Eskers near Rochester, N. Y. ; A discussion of the structure and origin of the Pinnacle Hills. *Proceedings of the Rochester Academy of Science*, 2 : 181-200.
- 1894a. Evidence of superglacial eskers in Illinois and northward. *The American Geologist*, 14 : 403-405.
- 1894b. Evidences of the derivation of the kames, eskers, and moraines of the North American ice-sheet chiefly from its englacial drift. *Geological Society of America Bulletin*, 5 : 71-86.
- 1904. Moraines and eskers of the last glaciation in the White Mountains. *The American Geologist*, 33 : 7-14.
- 1910. Birds Hills, an esker near Winnipeg, Manitoba. *Geological Society of America Bulletin*, 21 : 407-432.
- Van Beever, H. G., 1971. The significance of the distribution of clasts within the Great Pond esker and adjacent till. Thèse de M.Sc., University of Maine, Orono, 62 p.
- Van der Sijp, J. W. C. M., 1952. Some remarks on the sandridges of the Ne-Veluwe. *Geologie en Mijnbouw*, 14 (2) : 45-47.
- Veillette, J. J., 1986. Former southwesterly ice flows in the Abitibi-Timiskaming region : Implications for the configuration of the late Wisconsinan ice sheet. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 23 (11) : 1724-1741.
- Virkkala, K., 1958. Stone counts in the esker of Hämeenlinna, southern Finland, p. 87-103. In *Geological Survey of Finland, Bulletin 180*.
- Visser, J. N. J., Loock, J. C. et Colliston, W. P., 1987. Subaqueous outwash fan and esker sandstones in the Permo-Carboniferous Dwyka Formation of South Africa. *Journal of Sedimentary Petrology*, 57 (3) : 467-478.
- Von Toll, E., 1898. Geologische Forschungen im Gebiete der Kurischenländer. *Sitzungsberichte der Naturforscher-Gesellschaft bei der Universitaet Dorpat*, 12 : 1-33.
- Voss, C., Kinnmark, I. et Hyden, H., 1980. A model of the groundwater system in the Badelunda esker near Sala, Sweden. *Uppsala Universitet Naturgeografiska Institutionen, Report 53* : 269-295.
- Wadell, H., 1932. A hypothesis on the origin of eskers. *National Research Council, Bulletin 89* : 223-225.
- Warren, W. P. et Ashley, G. M., 1994. Origins of the ice-contact stratified ridges (eskers) of Ireland. *Journal of Sedimentary Research, section A*, 64 (3) : 433-449.
- Washburn, H. B. Jr, 1941. A preliminary report on studies of the mountains and glaciers of Alaska. *Geographical Journal*, 98 (1) : 219-227.
- Welsted, J. et Young, H. R., 1980. Geology and origin of the Brandon Hills, southwest Manitoba. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 17 (7) : 942-951.
- Wilson, J. T., 1938. Glacial geology of part of north-western Quebec. *Transactions of the Royal Society of Canada, section IV*, 32 : 49-59.
- 1939. Eskers north-east of Great Slave Lake. *Transactions of the Royal Society of Canada, section IV*, 33 : 119-129.
- 1945. Further eskers north of Great Slave Lake. *Transactions of the Royal Society of Canada, section IV*, 39 : 151-153.
- Wilson, L. R., 1941. An esker-like deposit on the Middle Teton Glacier. *Proceedings of the Iowa Academy of Science*, 47 : 272.
- Wilson, M. E., 1931. Esker at Tweed, Hastings County, Ontario. *The Canadian Field-Naturalist*, 45 (5) : 114-115.
- Winqvist, G., 1953. Ground water in Swedish eskers. *Institution of Hydraulics, Royal Institute of Technology*, 91 p.
- Wisniewski, E., 1973. Genesis of the Lammi esker (southern Finland). *Fennia*, 122 : 1-31.
- Wolfe, W. J., Lee, H. A. et Hicks, W. D., 1975. Heavy mineral indicators in alluvial and esker gravels of the Moose river basin, James Bay lowlands, district of Cochrane. *Ministry of Natural Resources, Division of Mines, Ontario, Report 126*, 60 p.
- Woodworth, J. B., 1894. Some typical eskers of southern New England. *Proceedings of the Boston Society of Natural History*, 26 : 197-220.
- Wooster, L. C., 1911. An esker at Mason, Michigan. *Transactions of the Kansas Academy of Science* (23-24) : 91-94.
- Wright, G. F., 1878. Some remarkable gravel ridges in the Merrimack Valley. *Proceedings of the Boston Society of Natural History*, 19 : 47-63.
- 1880. Kames and moraines of New England. *Proceedings of the Boston Society of Natural History*, 20 : 210-220.
- Yarger, R. D. et Cranson, K. R., 1971. Possible extensions of the Mason esker system in south central Michigan. *Michigan Academy of Science, Arts & Letters, Geology and Mineralogy Section, Program with Abstracts*, 1 p.